اکسرژی سیستم گرمایش گلخانه، توسط مبدل حرارتی خورشیدی

حسین علی‌نیا بنگر[1]*، رسول خدابخشیان کارگر[2]

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

Email: hossein.aliniabengar@mail.um.ac.ir

Email: khodabakhshian@um.ac.ir

چکیده

امروزه تقاضا برای انواع محصولات کشاورزی در خارج از فصل بسیار فراوان شده است . بنابراین، کشاورزان به تولید محصولات کشاورزی با استفاده و بهره‌گیری از گلخانه‌ها روی آورده‌اند. خروجی نهایی کلکتور N-PVT برای کاهش رطوبت محصولات کشاورزی به محفظه خشک‌کن تغذیه می‌شود. هوای گرم شده از بخاری هوا N-PVT توسط یک فن ۱۲ ولت DC ارائه‌شده در خروجی بخاری هوا N-PVT به گردش درمی‌آید. فن DC توسط برق تولیدشده از ماژول PV کار می‌کند. محصولات کشاورزی مورداستفاده در راه‌اندازی پیشنهادی، انرژی حرارتی را از تابش مستقیم خورشیدی که از طرفین محفظه خشک‌کن می‌آید و گرما از کلکتور هوا N-PVT به دست می‌آورد. گرمای جذب‌شده توسط محصول در تبخیر رطوبت و گرمایش محفظه خشک‌کردن استفاده می‌شود. علاوه بر این، گرما ممکن است از دیواره‌های جانبی و دهانه‌ای که در بالای محفظه خشک‌کن وجود دارد، از دست برود. نتایج این پژوهش نشان داد که انرژی حرارتی(Q_{th}) ، انرژی الکتریکی (E_{el}) و انرژی حرارتی معادل ($Q_{th,eq}$) به ترتیب از ۲.۶۳–۷.۷۰، ۰.۲۳–۲۰ و ۳.۲۴–۸.۲۴ کیلووات ساعت در روز با کلکتور هوای PVT از ۱ تا ۵ متغیر است. انرژی حرارتی(Q_{th}) ، انرژی الکتریکی (E_{el}) و انرژی حرارتی معادل ($Q_{th,eq}$) به ترتیب از ۲.۶۳–۲.۳۰، ۰.۲۳–۲۴ و ۳.۲۴–۲.۹۳ کیلووات ساعت در روز با نرخ جریان جرمی متغیر از ۰.۰۱ تا ۰.۰۵ متغیر است.

واژه‌های کلیدی: اکسرژی، سیستم گرمایش گلخانه، مبدل حرارتی، خشک‌کن خورشیدی.

۱- مقدمه

کشاورزی یکی از بخش‌هایی است که هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای درحال‌توسعه نیاز به حمایت دارد. همه دنیا برای داشتن تولیدات کشاورزی پایدار، بخش‌های کشاورزی را با ابزارهای مختلف سیاستی حمایت می‌کنند. در این زمینه بهبود سیاست‌های مناسب برای عرضه و تقاضای انرژی در توسعه کشاورزی که یکی از بخش‌های مهم است. استفاده گسترده از منابع انرژی متعارف منجر به نگرانی‌های جدی زیست‌محیطی به‌ویژه گرمایش جهانی شده است. در این دیدگاه اهمیت اقدامات و روش‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی به میزان قابل‌توجهی افزایش‌یافته و استفاده بهینه از انرژی در تمامی اشکال استفاده از انرژی برای مصارف خانگی و صنعتی موردتوجه فوق‌العاده‌ای قرارگرفته است. گزارش‌های اخیر در مورد تغییرات آب‌وهوا بیان کرده‌اند که اقدامات سخت‌گیرانه‌ای برای کنترل انتشار دی‌اکسید کربن، گرم شدن کره زمین و درنتیجه برای حفظ محیط‌زیست لازم است. کاهش مصرف انرژی یا مصرف بهینه انرژی را می‌توان با به حداقل رساندن تقاضای انرژی و استفاده منطقی از انرژی به دست آورد.

همچنین به‌منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی، نیاز انرژی باید از منابع انرژی تجدید پذیر تأمین شود. بنابراین، دستگاه‌های یکپارچه مبتنی بر خورشید به‌عنوان یک محیط پایدار و کنترل مناسب برای گلخانه پیشنهاد می‌شوند. چشم‌انداز کاهش انرژی یا بهبود بهره‌وری انرژی قادر است از طریق بهینه‌سازی تقاضای انرژی و استفاده منطقی از منابع انرژی محقق شود. گلخانه‌ها ازجمله عوامل اصلی تأثیرات نامطلوب بر محیط‌زیست از طریق استفاده نامناسب از انرژی هستند. به‌طور مثال، تخمین زده می‌شود که کاربردهای گرمایش، سرمایش و روشنایی در ساختمان‌ها بیش از یک‌سوم نیاز انرژی اولیه جهان را تشکیل می‌دهند. پیش‌بینی می‌شود که دستگاه‌های یکپارچه ساختمان‌های مبتنی بر خورشید یک گزینه قابل‌دوام و پایدار برای کنترل انرژی ساختمان از طریق ادغام دستگاه‌های انرژی غیرفعال باشند.

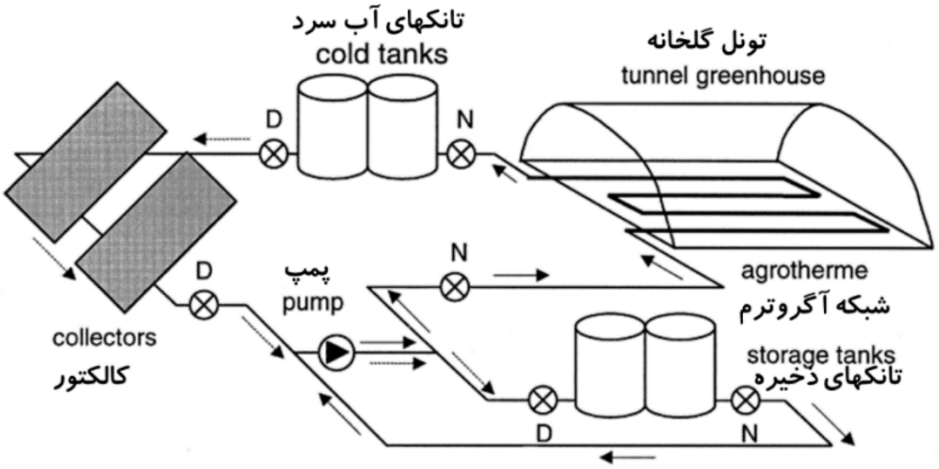
امروزه تقاضا برای انواع محصولات کشاورزی در خارج از فصل بسیار فراوان شده است . بنابراین، کشاورزان به تولید محصولات کشاورزی با استفاده و بهره‌گیری از گلخانه‌ها روی آورده‌اند. در گلخانه کنترل درجه حرارت، در طول شبانه‌روز بر اساس نوع کشت محصول، بسیار اهمیت دارد. به همین دلیل، برای گرم کردن یک گلخانه نیاز به سامانه‌های گرمایشی می‌باشد. در حال حاضر، تأمین انرژی در گلخانه با استفاده از سوخت‌های فسیلی ازجمله گازوییل، که درواقع منابع رو به پایان است و ازنظر زیست‌محیطی بسیار مضر هستند، انجام می‌پذیرد.

بررسی جریان مصرف انرژی در ایران نشان‌دهنده این است که تولید و انتشار گازهای آلاینده و گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی بسیار قابل‌ملاحظه است. به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۲ این مقدار به بیش از ۱۳ هزار تن رسید و بر اساس برآوردهای انجام‌شده مقدار صرفه‌جویی اقتصادی در صورت عدم انتشار این گازها فقط در بخش کشاورزی ۳۹۳۷ میلیارد ریال می‌باشد.

عوامل متفاوتی باید برای انتخاب سیستم گرمایشی گلخانه در نظر گرفت که در خصوص این مورد می‌توان به پوشش، نوع محصول کشاورزی، شرایط آب‌وهوایی منطقه جغرافیایی و غیره اشاره نمود. علاوه بر آن به‌جای سوخت‌های فسیلی، منابع مختلف انرژی‌های تجدید پذیر نیز همچون انرژی زمین‌گرمایی، انرژی خورشیدی، انرژی حاصل از زیست‌توده می‌توانند در بخش گرمایش گلخانه‌ها مورداستفاده قرار گیرند. تاکنون پژوهشگران متعددی اقدام به استفاده از سامانه‌های گرمایش خورشیدی برای تأمین حرارت موردنیاز گلخانه در سراسر دنیا کرده‌اند. در پژوهشی که در کشور تونس انجام گرفت از یک گردآورنده حرارتی خورشیدی تخت در داخل گلخانه استفاده گردید.

این سامانه در طول روز گرما و حرارت دریافت شده را با مواد تغییر فاز دهنده در یک منبع ذخیره و در شب از آن برای گرمایش گلخانه استفاده می‌کرد. جمعی از محققین و پژوهشگران عملکرد یک سامانه تجدید پذیر گرمایش ترکیبی یا به عبارتی هیبریدی برای گلخانه را بررسی کردند. در این سامانه، از پنل‌های فتوولتائیک برای تولید برق و ذخیره آن به‌منظور راه‌اندازی پمپ زمین‌گرمایی در طول شب استفاده شد. گروهی دیگر از پژوهشگران، توانایی یک مدل حرارتی سامانه خورشیدی آبی برای گرمایش گلخانه را موردبررسی قراردادند. آن‌ها گزارش کردند که سامانه پیشنهادی هزینه‌های گرمایش برای یک گلخانه هزار مترمکعبی، در ماه آوریل را ۵.۸۱ درصد کاهش می‌دهد.

در پژوهشی دیگر، در سال ۲۰۰۹ میلادی، عملکرد سیستم ذخیره‌سازی حرارتی با مواد تغییر فاز دهنده برای متمرکز کننده خورشیدی، در گرمایش گلخانه را تجزیه‌وتحلیل کردند. آن‌ها به کمک این سامانه موفق شدند تا اختلاف دمای۶ الی ۹ درجه‌ای بین داخل و خارج از محوطه گلخانه‌ایجاد نمایند. در پژوهشی مشابه، یک سامانه‌ی نوین گرمایش گلخانه مجهز به متمرکز کننده سهموی خطی خورشیدی و مبدل حرارتی دومنظوره ارائه و عملکرد آن به‌صورت تجربی موردبررسی قرار گرفت [7].



در طول روز: دریچه های D باز، و دریچه های N بسته است

در طول شب: دریچه های N باز، و دریچه های D بسته است

جهت جریان در شب و روز

شکل ۱: نمای گلخانه خورشیدی و کلکتور حرارتی صفحه تخت

مبدل حرارتی به‌کاررفته در تحقیق شامل یک جمع کننده صفحه تخت خورشیدی تغییریافته بود که در داخل گلخانه نصب شد و در طول روز نقش تولیدکننده حرارت و در شب نیز، به‌عنوان مبدل حرارتی، وظیفه انتقال حرارت و ذخیره‌شده به محیط گلخانه را بر عهده داشت. درواقع نتایج حاصل از تحقیق نشان‌دهنده این است که استفاده از جمع کننده صفحه تخت در کنار متمرکز کننده خورشیدی در طول روز می‌تواند مصرف انرژی فسیلی گلخانه را حدود ۲۷ ٪بکاهد.

شایان‌ذکر است با توجه به نوع کاربرد وسایلی که از آن‌ها برای تبدیل انرژی و تولید قدرت استفاده می‌شود، مقدار کیفیت انرژی یا همان اکسرژی بسیار حائز اهمیت است. تحلیل اکسرژی ابزاری بسیار مفید جهت ظاهر کردن تفاوت بین تلفات اکسرژی با یک فرایند برگشت‌پذیر می‌باشد. درواقع این تحلیل روشی مطلوب برای تشخیص کارکرد اجزای فرآیند و مهم‌ترین هدف در تحلیل اکسرژی تعیین انرژی مورداستفاده و تلف‌شده است. مطابق شکل ۱ در پژوهشی بررسی و مقایسه اکسرژی گلخانه‌های مجهز به سامانه‌های گرمایشی با منابع مختلف سوختی، شامل: انرژی زمین‌گرمایی و پمپ حرارتی، زیست‌توده چوب و گاز طبیعی انجام شد. در تحقیقی تجزیه‌وتحلیل انرژی و اکسرژی در یک گلخانه خورشیدی فتوولتائیک–حرارتی موردبررسی و واکاوی قرار گرفت. البته با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اکسرژی سالیانه ورودی به گلخانه ۲۱۲۹۱ کیلووات ساعت محاسبه گردید و از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷ خروجی اکسرژی کل مجموعه گلخانه ۸.۷۲۸ کیلووات ساعت بود.

۲– تعریف مفهومی و زمینه‌های کاربردی اکسرژی در سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰

در یک نشست علمی در سال ۱۹۵۳، زوران رانت اسلوونیایی پیشنهاد کرد که اصطلاح اگزرژی در آلمانی (Exergie) باید برای نشان دادن "ظرفیت کاری فنی" استفاده شود. این پیشنهاد یک دانشمند بود. انرژی در لغت به معنای "کار درونی" است. رانت حتی در سال ۱۹۵۶ یک مقاله زبان‌شناختی برای بحث در مورد نام‌های معادل بین‌المللی برای این مقدار منتشر کرد. با اقتباس از نام اکسرژی، اصولاً تمام عبارات قبلی مانند انرژی در دسترس، در دسترس بودن، کار در دسترس، کار بالقوه، انرژی مفید، آنتروپی پتانسیل و غیره کنار گذاشته شد. در عمل، ۵۰ سال طول کشید تا کلام رانت در این مورد، در سراسر جهان پذیرفته شود. حتی در حال حاضر، برخی از نویسندگان ایالات‌متحده آمریکا هنوز از اصطلاحات منسوخ "در دسترس بودن" استفاده می‌کنند [1].

۳– تاریخچه اکسرژی در صنعت و کشاورزی

در سال‌های اخیر بحران انرژی ناشی از کاهش منابع انرژی‌های فسیلی و افزایش قیمت آن، یکی از مسائل مهم و روز دنیا گردیده و پیش‌بینی‌شده است که انرژی فسیلی جهان تا سال‌های آینده به پایان می‌رسد. ازاین‌رو کشورهای دارای منابع انرژی فسیلی، در تلاش برای حفظ این منابع می‌باشند. تاکنون مطالعات مختلفی در رابطه با مصرف انرژی و بهینه‌سازی آن با روش‌های مختلف در تولیدات کشاورزی ایران صورت گرفته است. اما مطالعه انرژی از منظر تقاضای اکسرژی تجمعی در تولیدات کشاورزی نقش پررنگی نداشته است. در پژوهشی بررسی و مقایسه اکسرژی و انرژی گلخانه‌های مجهز به سامانه‌های گرمایشی با منابع مختلف سوختی، شامل انرژی زمین‌گرمایی و پمپ حرارتی، زیست‌توده چوب و گاز طبیعی انجام گرفت. در تحقیقی تجزیه‌وتحلیل انرژی و اکسرژی در یک گلخانه‌ی فتوولتائیک – گرمایی موردبررسی قرار گرفت و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، اکسرژی سالیانه ورودی به گلخانه برابر با ۲۱۲۹۱ کیلوولت ساعت محاسبه شد و از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷، خروجی اکسرژی کل گلخانه ۷۲۸.۸ کیلووات ساعت بود. مطابق جدول ۱ انواع جریان‌ها و حالت‌های مختلف انرژی مانند انرژی حرارتی، جنبشی، مکانیکی، الکتریکی، شیمیایی، تشعشعی، پتانسیل مشخص‌شده است، و همچنین با توجه به مقالات متعدد، منابع مختلفی برای اولین بار آن روابط و فرمول‌های مرتبط با هریک از انرژی‌ها که بکار برده‌اند، نیز تعریف‌شده است [3].

جدول ۱: محتوای اکسرژی خاص حالت‌های مختلف انرژی.

Type of energy flow	Specific energy	Specific exergy	Source	Notes
Kinetic	$0.5V^2$	$0.5V^2$	/	J/kg; follows from definition
Potential	$g\Delta z$	$g\Delta z$	/	J/kg; follows from definition
Heat	q	$q\left(1-\frac{T_0}{T_q}\right)$	/	J/kg; follows from definition
Mechanical	w	w	/	J/kg; follows from definition
Electrical[2]	$It\Delta V$	$It\Delta V$	/	J; follows from definition
Chemical, pure substance	Δg_G	$\mu-\mu_0+RT_0\ln\left(\frac{c}{c_0}\right)$	Wall 1977	$\mu-\mu_0=\Delta g_G=g_G-g_{G,0}$
Radiation[2]	I	$\sigma\left(T^4-\frac{4T^3T_0}{3}+\frac{T_0^4}{3}\right)$	Petela 1964	W/m^2; for black body radiation

۴- کاربردهای عملی و آکادمیک اکسرژی در حوزه گرمایش گلخانه

کیان و همکاران، با استفاده از مفاهیم اکسرژی و شاخص‌ها، رفتار گرمایی یک گلخانه با گرمایش متمرکز کننده هیبریدی را موردپژوهش قراردادند. در این پژوهش نشان دادند که اتصال یک سیستم گرمایش سنتی گلخانه با یک سیستم کلکتور هیبریدی، علیرغم بالا رفتن زمان برگشت هزینه، می‌تواند کارایی سیستم را افزایش دهد. همچنین نشان دادند که سیستم پیشنهادی، کارایی حرارتی و اقتصادی گلخانه را توسط کمینه کردن مصرف سوخت فسیلی، افزایش می‌دهد. ضیاپور و هشترودی، مدلی برای گلخانه موردمطالعه ارائه نمودند که در آن از سقف شیشه‌ای محدب مجهز به یک کلکتور لوله‌ای مواد تغییر فاز دهنده جهت ذخیره انرژی استفاده‌شده بود. درنهایت آن‌ها گزارش کردند که این سیستم ازلحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی کارایی بهتری دارد. درواقع، با استفاده از اکسرژی و اکونومیک، چنین نتایجی به دست می‌آید. از یک هیتر هوایی جهت گرمایش یک ساختار گلخانه‌ای استفاده کردند آن‌ها نشان دادند که جریان هوای ۰.۰۱۲ (کیلوگرم/ثانیه/مترمربع) قادر است حدود ۸۴٪ از حرارت مصرفی روزانه را تولید نماید. علاوه براین برای نگهداری گلخانه در دمای ۱۸° C، نرخ جریان جرمی هوا از کلکتور از تا ۰۰۶/۰ الی ۰.۰۱۲ (کیلوگرم/ثانیه/مترمربع) تغییر می‌کند. یک دیوار تهویه‌ای فعال-غیرفعال با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده پیشنهاد کردند که فاکتورهای کلیدی مانند عملکرد لایه میانی دیوار، شرایط دمایی داخلی و رشد گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفت. روش موردبررسی آن‌ها، افزایش در ظرفیت ذخیره حرارتی دیواره، افزایش در ظرفیت آزادسازی حرارتی و افزایش ارتفاع گیاه و ماندگاری محصول را نشان داد [2].

برای تأمین حرارت موردنیاز یک گلخانه بر اساس انرژی نهان ذخیره‌شده در ماده از واکس پارافین به‌عنوان یک ماده تغییر فاز دهنده استفاده نمود. او اثرات فاکتورهای مختلف بر روی کارایی انرژی و اگزرژی را موردبررسی قرارداد و مقادیر ۴۰٪ و ۴/۲٪ به ترتیب برای کارایی انرژی و اگزرژی به دست آمدند. همان‌طور که مشاهده شد، نتایج این تحقیقات بر اساس اکسرژی در عمل، صورت گرفته است. همچنین شایان‌ذکر است که برای به دست آوردن محصولات مقرون به‌صرفه‌تر، گلخانه‌های خورشیدی به سمت استفاده حداکثری از انرژی‌های تجدید پذیر حرکت می‌کنند.

بااین‌همه اختلافات معناداری در مصرف انرژی و دوره برگشت هزینه بین گلخانه بسته ایده آل و گلخانه‌های سنتی وجود دارد. عملکرد یک گلخانه با سه روش گرمایش مختلف را موردمطالعه و مقایسه قرارداد که این سه روش عبارت‌اند از پمپ حرارتی زمین‌گرمایی عمودی که از انرژی خورشیدی کمک می‌گیرد، یک بویلر بایومس چوبی و یک بویلر گاز طبیعی. بازده اکسرژی کل برای روش‌های مذکور به ترتیب برابر با ٪۰.۸۳، ٪۲.۹۰ و ٪۰.۷۹ محاسبه‌شده و به‌دست‌آمده است. آنالیز اکسرژی و بحث در مورد کیفیت انرژی می‌تواند دید شفاف و گسترده در مورد هزینه‌ها و مدیریت فرآیندهای پیچیده ارائه دهد و روش مؤثر در پرورش محصول گلخانه را آشکار نماید. در پژوهشی از برآورد اگزرژی تجمعی استفاده کردند تا بازده فرآیند پرورش گوجه‌فرنگی را بهبود دهند آن‌ها ادعا کردند که این روش قادر است باعث ارتقای پرورش محصول، مصرف انرژی و تابش دی‌اکسید کربن در نقاط مختلف ترکیه شود [4].

مبتکر و همکاران به بررسی حرارتی نگهداشت انرژی خورشیدی در یک گلخانه خورشیدی پرداخته و با استفاده از نتایج تجربی آن را راستی آزمایی کردند. آن‌ها در این پژوهش شش ساختار رایج مورداستفاده در گلخانه‌های خورشیدی را با استفاده از مفاهیم انرژی و اکسرژی مورد ارزیابی قرارداده و توانایی آن‌ها در جذب انرژی خورشیدی را باهم مقایسه کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که ساختار یک‌طرفه با دیوار شمالی عایق شده و در جهت شرقی – غربی می‌تواند بهترین عملکرد را داشته باشد [6].

همان‌طور که اشاره شد توانایی گلخانه‌های خورشیدی جهت استفاده حداکثری از انرژی رایگان خورشید برای تولید محصولات مقرون به‌صرفه‌تر و پربازده و همچنین ذخیره انرژی خورشیدی در فصول گرم برای استفاده در فصول سرد بدون استفاده از دستگاه‌های گرمایش کمکی، گلخانه‌های خورشیدی را تبدیل به دستگاه‌های جذاب برای تولید محصولات کشاورزی نموده است. آنالیز گلخانه نیمه خورشیدی شامل تحلیل انرژی، اگزرژی و اقتصادی با استفاده از مدل دینامیکی نیز انجام‌شده است.

۵– شرح چند نمونه‌ای مقاله کاربردی در خصوص اکسرژی در گرمایش گلخانه باانرژی خورشیدی به‌طور خلاصه

با توجه به مطالعات انجام‌شده در بعضی از مقالات کاربردی در خصوص گرمایش گلخانه با استفاده از انرژی خورشید، به‌طورمعمول مشاهده می‌گردد که نابودی اگزرژی ناشی از انتقال حرارت جابجایی و تابش امواج بلند در بین سایر فرآیندها، دارای بیشترین مقدار نابودی اگزرژی می‌باشد. به همین دلیل است که استفاده از شیشه‌های دوجداره بافاصله هوایی به‌عنوان پوشش گلخانه، میزان انتقال حرارت از داخل گلخانه به خارج از آن (محیط) و همچنین نابودی اگزرژی را کاهش داد. با این تکنیک، نابودی اگزرژی کل در گلخانه خورشیدی و نیمه خورشیدی به‌اندازه ٪۴۵/۳۶ کاهش می‌یابد. همچنین ازنظر ارزیابی اقتصادی گلخانه می‌توان بیان نمود که هزینه واحد هوای داخل گلخانه باگذشت زمان، روند افزایشی را در پی دارد. لازم به ذکر است که فراهم نمودن شرایط مناسب دمایی برای هوای محیط داخل گلخانه جهت پرورش گیاه، می‌تواند به‌عنوان هدف ارزیابی اقتصادی باشد. درصورتی‌که هیچ‌گونه سیستم گرمایش غیر خورشیدی بکار نرفته باشد، در این راستا، هزینه اولیه سرمایه‌گذاری برای ساخت گلخانه و تجهیزات و ادوات نصب‌شده، بیشترین سهم را در هزینه واحد هوای گلخانه دارد.

دریکی از مقالات کاربردی که در خصوص به‌کارگیری متمرکز کننده‌های خطی سهموی و صفحه تخت خورشیدی در جهت گرمایش گلخانه استفاده شدند، یکسری نتایجی گزارش شد که به‌طور خلاصه بیان می‌نمایم. در حالت کلی افزایش دبی سیال عبوری از متمرکز کننده، دمای خروجی از جمع کننده‌ی صفحه-تخت را کاهش می‌دهد. به‌عنوان نمونه در مقاله‌ای نیز گزارش شد که میانگین دمای خروجی جمع کننده صفحه تخت با افزایش دبی از ۰.۵ به ۱.۵ کیلوگرم بر دقیقه، حدود ۶ درجه‌ی سلسیوس افت کرد. همچنین افزایش دبی سیال عبوری در متمرکز کننده از ۰.۵ به ۱.۵ کیلوگرم بر دقیقه، موجب افزایش حدود ۳ درجه سلسیوس در

دمای خروجی شد. در چنین پژوهش‌هایی با استفاده از شاخص‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده از آزمایشات، بازده‌ی اکسرژی متمرکز کننده را محاسبه نموده و بالاترین بازده اکسرژی جمع کننده خورشیدی را به دست می‌آورند. و همچنین می‌توانند میزان بهبود اکسرژی را نیز برحسب درصد بیان نمایند. مورد دیگری که در مقالات مشاهده می‌شود، بحث ذخیره‌سازی انرژی حرارتی خورشیدی برای گلخانه است که با استفاده از روابط ترمودینامیکی و اکسرژی قابل‌محاسبه و گزارش خواهد بود. همچنین در خصوص ذخیره‌سازی انرژی حرارتی برای گلخانه باید توجه نمود که به دلیل محدود بودن فضای در دسترس در داخل گلخانه، شاید امکان افزایش سطح متمرکز کننده‌ی خورشیدی متناسب با ابعاد گلخانه در مقیاس تجاری نیز وجود نداشته باشد [5].

۶- بررسی یک خشک‌کن خورشیدی گلخانه‌ای ترکیبی، ادغام‌شده با تعدادی کلکتور هوای خورشیدی حرارتی فتوولتائیک (N-PVT)

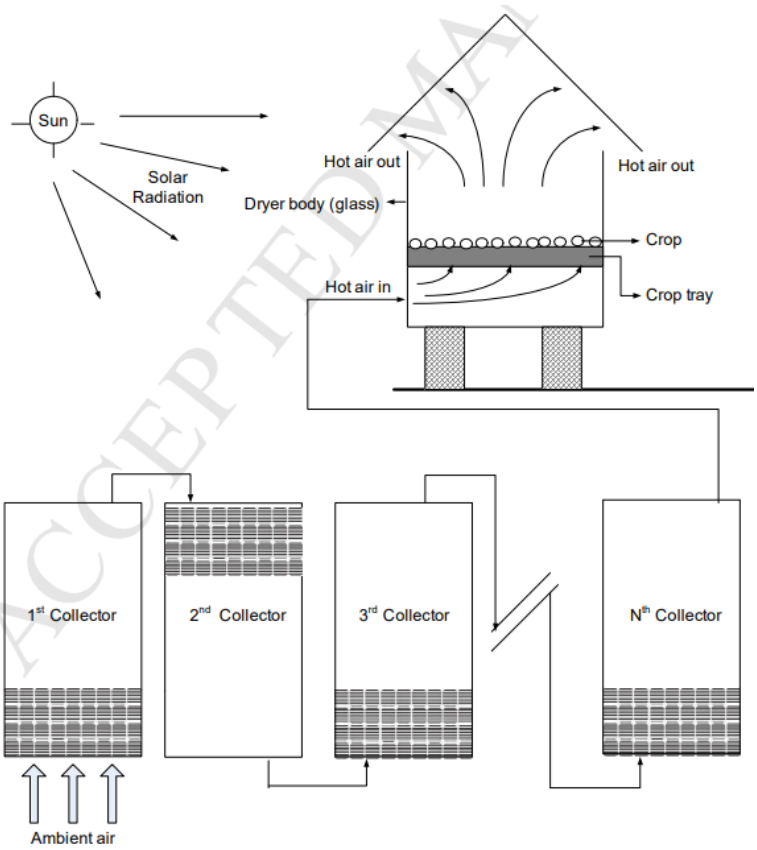
در پژوهشی یک خشک‌کن خورشیدی گلخانه‌ای ترکیبی، ادغام‌شده با تعدادی کلکتور هوای خورشیدی حرارتی فتوولتائیک (N-PVT) برای خشک‌کردن پیشنهادشده است و پارامترهای عملکردی مختلف برای شرایط آب‌وهوایی دهلی‌نو، هند ارزیابی‌شده است. ابتدا مدل‌سازی حرارتی برای سیستم خشک‌کن انجام‌شده و عبارات تحلیلی برای پارامترهای مختلف ازجمله دمای محصول، دمای گلخانه، دمای هوای خروجی کلکتور و دمای سلول بدست آمده است. مجموعه معادلات حاکم با کمک نرم‌افزار MATLAB 2013a حل‌شده است. علاوه بر این، اثر سرعت جریان جرمی و تغییر تعداد کلکتورهای هوا بر انرژی حرارتی، انرژی الکتریکی، انرژی حرارتی معادل، بازده اکسرژی حرارتی و بازده حرارتی کلی محاسبه‌شده است. مشخص شد که با تغییر تعداد کلکتورهای هوا از ۱ تا ۵، انرژی حرارتی معادل، بازده حرارتی معادل و بازده اکسرژی معادل به ترتیب از ۳/۲۴ به ۱۰/۵۷ کیلووات ساعت در روز، ۶۱/۵۶ درصد به ۴۲/۲۲ درصد و ۲۸/۹۱ درصد به ۲۸/۱۹ درصد تغییر می‌کند.

خشک‌کن خورشیدی گلخانه‌ای حالت مخلوط، ادغام‌شده با کلکتور هوای خورشیدی N-PVT نیمه پوشش داده‌شده برای غلبه بر سایر مشکلات خشک‌کن‌ها پیشنهادشده است. با کمک کلکتور هوای نیمه پوشیده شده N-PVT، می‌توان محصولات مختلف را در یک خشک‌کن با تغییر تعداد کلکتور هوا خشک کرد و به دلیل کلکتور هوای نیمه پوشیده می‌توان فضای اضافی را ذخیره کرد. تعداد کلکتورهای هوای N-PVT مورداستفاده برای خشک‌کردن را می‌توان بر اساس ویژگی‌های محصول، یعنی حداکثر دمای مجاز، رطوبت اولیه و رطوبت نهایی که در جدول ۱ آورده شده است، تعیین کرد. علاوه بر این، سیستم خشک‌کردن با کمک خورشید می‌تواند انتشار گاز گلخانه‌ای را برای توسعه پایدار کاهش دهد که شرط اصلی جامعه است.

۷- توضیحات خشک‌کن گلخانه‌ای N-PVT

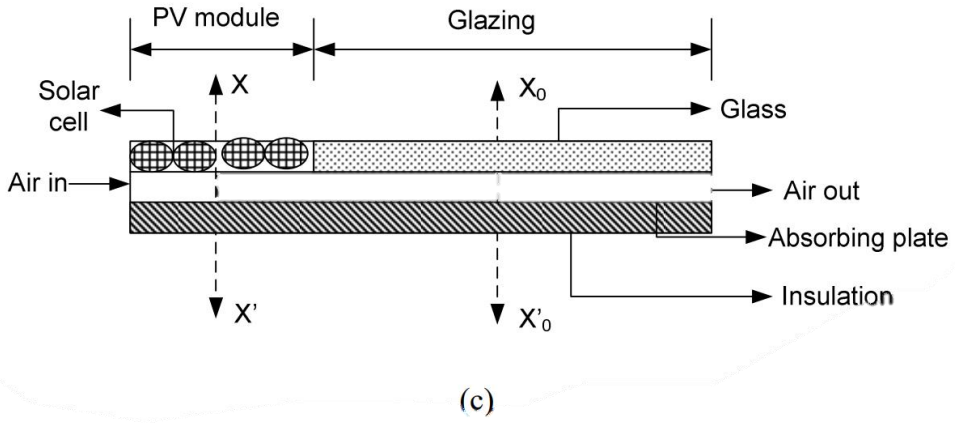
شکل ۱ (a,c) نمودار شماتیک خشک‌کن گلخانه‌ای حالت مختلط یکپارچه با کلکتور هوای PVT (تنظیم آزمایشی موجود)، خشک‌کن گلخانه‌ای حالت مخلوط یکپارچه با کلکتور هوای N-PVT (تنظیم آزمایشی پیشنهادی)، نمای مقطعی PV نیمه پوشیده شده را نشان می‌دهد. گرم‌کننده‌ی هوا. اجزای اصلی خشک‌کن گلخانه‌ای N-PVT پیشنهادی بخاری هوای خورشیدی ۱ تا ۵ و یک واحد خشک‌کن است. بخاری هوای خورشیدی از پنل PV نیمه شفاف (شیشه به شیشه) و کلکتور صفحه تخت تشکیل‌شده است. پنل PV برای تبدیل تابش خورشید به الکتریسیته استفاده می‌شود تا سیستم خود پایدار باشد. بخاری هوای خورشیدی با شیب ۳۰۰ (تقریباً در زاویه عرض جغرافیایی دهلی) برای دریافت حداکثر تابش خورشیدی نصب‌شده است.

برای پیش گرم کردن هوای محیط استفاده می‌شود و در ادامه هوای گرم شده به محفظه خشک‌کن عرضه می‌شود. تابش خورشیدی که از خورشید می‌آید روی ماژول PV می‌افتد که تابش خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند و جمع کننده هوا تابش خورشید را جذب می‌کند و آن را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند. این انرژی برای گرم کردن هوا استفاده می‌شود و هوای گرم شده بیشتر به قسمت لعابی کلکتور هوا وارد می‌شود که در ابتدا تابش مستقیم در قسمت سیاه شده کلکتور هوا جذب می‌شود و پس‌ازآن برای گرمایش بیشتر به هوای گرم داده می‌شود. کلکتورN-PVT برای تجزیه‌وتحلیل نظری استفاده‌شده است که در آن هوای گرم که از یک کلکتور به کلکتور دیگر می‌رسد، تأمین می‌شود. مطابق شکل ۲ خشک‌کن گلخانه‌ای حالت مخلوط با کلکتور هوای PVT نمایش داده‌شده است.



شکل ۲: خشک‌کن گلخانه‌ای حالت مخلوط با کلکتور هوای PVT

ACCEPTED MA



شکل ۳: نمای مقطعی هیتر هوای PV نیمه پوشیده شده است.

شکل ۳، بیانگر نمای مقطعی هیتر هوای PV نیمه پوشیده شده است. خروجی نهایی کلکتور N-PVT برای کاهش رطوبت محصولات کشاورزی به محفظه خشک‌کن تغذیه می‌شود. هوای گرم شده از بخاری هوا N-PVT توسط یک فن ۱۲ ولت DC ارائه‌شده در خروجی بخاری هوا N-PVT به گردش درمی‌آید. فن DC توسط برق تولیدشده از ماژول PV کار می‌کند. محصولات کشاورزی مورداستفاده در راه‌اندازی پیشنهادی، انرژی حرارتی را از تابش مستقیم خورشیدی که از طرفین محفظه خشک‌کن می‌آید و گرما از کلکتور هوا N-PVT به دست می‌آورد. گرمای جذب‌شده توسط محصول در تبخیر رطوبت و گرمایش محفظه خشک‌کردن استفاده می‌شود. علاوه بر این، گرما ممکن است از دیواره‌های جانبی و دهانه‌ای که در بالای محفظه خشک‌کن وجود دارد، از دست برود.

۸– روش

به‌منظور ارزیابی عملکرد خشک‌کن گلخانه‌ای ادغام‌شده با کلکتورهای هوای PVTروش زیر اجراشده است.

- داده‌های تابش خورشید در یک سطح افقی ارائه‌شده توسط IMD، Pune، هند برای سطح شیب‌دار در ۳۰۰ برای کلکتور هوا N-PVT و در ۹۰۰ برای تمام دیوارهای عمودی خشک‌کن گلخانه با استفاده از فرمول لیو و جردن(۳۳) تبدیل‌شده است.
- بر اساس نتایج معادلات پایه تعادل انرژی، برنامه‌ای در MATLAB 2013a برای ارزیابی کارایی سلول ایجادشده است.
- با استفاده از راندمان سلول، دمای هوای خروجی (TfoN) از کلکتور هوای N-PVT محاسبه‌شده است. علاوه بر این، TfoNبرای محاسبه دمای محصول و دمای سلول خورشیدی با شرایط بار استفاده می‌شود.
- مقدار N=1 گرفته‌شده است و نتیجه با اعتبار سنجی تجربی مقایسه شده است. اگر مدل برای یک کلکتور معتبر باشد، مطمئناً برای کلکتور هوا N-PVT نتیجه خوبی خواهد داشت. علاوه بر این، تمام آنالیزها برای خشک‌کن گلخانه‌ای مجتمع هوا N-PVT ازنظر تئوری انجام‌شده است.

• انرژی حرارتی، انرژی الکتریکی، انرژی حرارتی معادل، راندمان حرارتی، راندمان حرارتی معادل و بازده اکسرژی برای سیستم با کمک دماهای مختلف محاسبه‌شده است.

۹- نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش بخش زیر بیان گردیده است:

۱. با افزایش دمای سلول خورشیدی، راندمان کاهش می‌یابد و با افزایش سرعت جریان جرمی در کلکتور هوای PVT، دمای سلول کاهش می‌یابد و راندمان سلول افزایش می‌یابد.
۲. دمای هوای خروجی و دمای اتاق گلخانه به ترتیب از ۰ به ۱۲۲.۷۸۰ و ۲۲.۴۴۰ تا ۸۷.۴۲۰ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد.
۳. انرژی حرارتی (Q_{th})، انرژی الکتریکی (E_{el}) و انرژی حرارتی معادل ($Q_{th,eq}$) به ترتیب از ۲.۶۳-۷.۷۰، ۰.۲۳-۲۰ و ۳.۲۴-۸.۲۴ کیلووات ساعت در روز با کلکتور هوای PVT از ۱ تا ۵ متغیر است.
۴. انرژی حرارتی (Q_{th})، انرژی الکتریکی (E_{el}) و انرژی حرارتی معادل ($Q_{th,eq}$) به ترتیب از ۲.۶۳-۲.۳۰، ۰.۲۳-۲۴ و ۲.۹۳-۳.۲۴ کیلووات ساعت در روز با نرخ جریان جرمی متغیر از ۰.۰۱ تا ۰.۰۵ متغیر است.
۵. با افزایش تعداد کلکتور هوای PVT و سرعت جریان جرمی، راندمان اگزرژی(η_{ex}) و راندمان اگزرژی معادل ($\eta_{eq,ex}$) کاهش می‌یابد.

مراجع

1. Enrico, S., & Wall, G. (2007). A brief Commented History of Exergy From the Beginnings to 2004. International Journal of Thermodynamics, 10. https://doi.org/10.5541/ijot.184
2. Tiwari, S., & Tiwari, G. (2017). Energy and exergy analysis of a mixed-mode greenhouse-type solar dryer, integrated with partially covered N-PVT air collector. Energy, 128. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.022
3. Taki, M. (2017). Evaluation of heat transfer mathematical models and multiple linear regression to predict the inside variables in semi-solar greenhouse. Journal of Agricultural Machinery, 7, 204-220. https://doi.org/10.22067/jam.v7i1.48924
4. Hematian, A., Ajabshirchi, Y., Ranjbar, S. F., & Taki, M. (2021). An experimental analysis of a solar-assisted heat pump (SAHP) system for heating a semisolar greenhouse. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 43(14), 1724-1744. https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1663308
5. Zhou, M., Cai, F., Uenishi, M., & Sekine, Y. (2021). Performance evaluation of a hybrid heating system combined a groundwater source heat pump with an existing fuel oil heater for a horticultural greenhouse. International Journal of Green Energy, 1-11. https://doi.org/10.1080/15435075.2021.2000415
6. Amiri, L., Madadian, E., & Hassani, F. P. (2019). Energo- and exergo-technical assessment of ground-source heat pump systems for geothermal energy production from underground mines. Environmental Technology, 40(27), 3534-3546. https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1481886
7. Gürtürk, M., Koca, A., Öztop, H. F., Varol, Y., & Şekerci, M. (2017). Energy and exergy analysis of a heat storage tank with a novel eutectic phase change material layer of a solar heater system. International Journal of Green Energy, 14(12), 1073-1080. https://doi.org/10.1080/15435075.2017.1358625