|  |
| --- |
| **بررسی عملکرد دودکش های خورشیدی به منظور تسهیل فرایند تهویه طبیعی و نقش آن ها جهت بهینه سازی مصرف انرژی** **زینب پورسیاحی1، امید رهایی2، شکوفه آبی3، آیه رضایی زاده4**1. دانشجو،کارشناسی ارشد معماری ، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان، اهواز، ایران
2. دکتری معماری،دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران،استادیار دانشکده معماری،تهران،ایران
3. دانشجو،کارشناسی ارشد معماری ، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان، اهواز، ایران
4. دانشجو،کارشناسی ارشد معماری ، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی خوزستان، اهواز، ایران
 |
| Investigation of the performance of solar chimneys to facilitate the process of natural ventilation and their role in optimizing energy consumptionZeynab.poursayahi 1, omid rahaei 2, shekofe abi 3, ayeh rezaei zadeh 41. student of Institute for Higher Education ACECR Khouzestan , Ahvaz, Iran
2. PhD in Architecture, assistant professor in srttu university
3. student of Institute for Higher Education ACECR Khouzestan , Ahvaz, Iran
4. student of Institute for Higher Education ACECR Khouzestan , Ahvaz, Iran
 |
|  |
| z\_psh60@yahoo.com : E-mail E-mail: z\_psh60@yahoo.com |
| **چکیده** |  |

در سال های اخیر رشد جمعیت، توسعه صنعت و بالارفتن سطح استاندارد زندگی سرعت مصرف منابع طبیعی را بالا برده است و همچنین افزایش سرعت مصرف سوخت های فسیلی، میزان آلودگی ها و تأثیر اثر گلخانه ای بر جو را به صورت قابل توجهی افزایش داده است. این مسائل باعث تغییرات آب وهوایی شده است که این تغییرات مطلوب نیستند و در نتیجه، زندگی گونه های موجودات زنده در معرض خطر قرار می گیرد. برای کمک به حل این گونه مسائل ، به ویژه کاهش میزان گازهای گلخانه ای و آلودگی محیط زیست و صرفه جویی در مصرف انرژی ، استفاده از منابع انرژی های تجدیدپذیر می تواند راهکار مناسبی باشد. یکی از این راهکارها استفاده از انرژی خورشید است و یکی از تکنولوژی های مربوط به آن، دودکش های خورشیدی است. که بخش مهمی از مصرف انرژی در ساختمان ها برای سیستم گرمایش، سرمایش ، تهویه غیر فعال و حتی تولید برق را دارد . در این روش تحقیق از مطالعات کتابخانه ای به بررسی انواع دودکش خورشیدی و روش های متداول اجرایی آن پرداخته شده است.

**واژه­هاي کليدي**

انرژی های تجدید پذیر ، انرژی خورشید، تهویه غیرفعال ، تولید برق ،دودکش های خورشیدی

**Abstract**

In recent years, population growth, industry development, and a higher standard of living have accelerated the use of natural resources, as well as increased speeds of fossil fuel use, increased pollution and the greenhouse effect on the atmosphere. These issues have caused climate change that is not desirable and, as a result, endangered the life of species. Using renewable energy sources can be a good way to help solve such issues, especially reducing greenhouse gas emissions and environmental pollution and saving energy consumption. One of these solutions is the use of solar energy and one of the technologies associated with it is solar chimneys. That is an important part of energy consumption in buildings for heating, cooling, passive ventilation and even electricity generation. In this research, library studies have investigated the types of solar chimneys and their common methods of implementation..

**Keywords:**

Renewable energies, solar energy, passive ventilation, power generation, solar chimneys

**1- مقدمه**

امروزه کم شدن سوخت های فسیلی، منجر به دغدغه همه ی جوامع شده است تا راه حل هایی را پیدا کنند که علاوه بر حفظ منابع تجدید ناپذیر بتوان از منابع انرژی تجدید پذیر استفاده کرد. انرژی های تجدید پذیر منابع انرژی بسیار ضروری به حساب می آیند که می توانند برای گرمایش و سرمایش استفاده شوند، از جمله انرژی های تجدید پذیر دودکش خورشیدی است ، دودکش خورشیدی مکانیزمی برای بهره مندی مناسب از انرژی خورشیدی جهت برقراری عوامل در کاربرد نیروگاهی و همچنین با شکلی متفاوت جهت ایجاد تهویه برای کاربرد غیرنیروگاهی است. مفهوم دودکش خورشیدي در ابتدا توسط پروفسور شلایش از شهر اشتوتگارت در اواخر سال 1970 مطرح شد. کمتر از چهار سال بعد او ایده هاي خود را در یک کنفرانس مطرح کرد . سپس ساخت یک نیروگاه آزمایشی در مانزانارس اسپانیا آغاز شد و دولت آلمان و اسپانیا در راستاي این سرمایه گذاري سودمند با یکدیگر همکاري کردند و یک نیروگاه آزمایشگاهی 36 کیلو واتی ساخته شد که به مدت 7 سال برق تولید کرد و در نتیجه کارایی و قابلیت اطمینان این تکنولوژي اثبات شد . پس از آن مطالعات فراوانی در این زمینه انجام گردید و توجه محققین زیادی را به خود جذب نموده است [1]. دودکش خورشیدی یکی از سامانه های تهویه طبیعی خورشیدی است که در مناطق گرم و مرطوب و گرم و خشک برای تهویه، کاهش دما و رطوبت هوای فضای داخلی ساختمان استفاده می شود. یک دودکش خورشیدی در اثر نیروی شناوری جریان هوایی تولید می کند که سبب بالا رفتن هوای گرم و خروج آن از بالای دودکش می شود و هوای تازه جایگزین آن می گردد[2] .از جمله نکته مهمی که باید به آن توجه شود، عوامل زيادی از جمله مواد و مصالح ساختماني، مبلمان، دستگاه های حرارت زا و فعالیت های فیزيولوژيکي افراد در داخل ساختمان باعث آلودگي هوای داخل مي شوند که با افزايش روزافزون عايقکاری ساختمان و کاهش امکان نفوذ هوا از درزها و عدم نشت هوا، آلودگي در هوای داخل باقي مي ماند. اين امر باعث مي شود که هوای داخل ساختمان نسبت به هوای خارج آلوده تر باشد. از اين رو تهويه در ساختمان امری اجتناب ناپذير است. استفاده از سیستم های غیرفعال در تهويه مطبوع ساختمان از يک سو مشکل آلودگي هوای داخل را بر طرف مي کند و از سوی ديگر، گامي مهم در جهت کاهش مصرف انرژی و آلودگي های محیط زيست است[3] . در کشور ایران بنا به آمار و ارقام موجود ، در حدود 40 درصد از کل حامل های انرژی در بخش خانگی و تجاری مصرف می شود. این میزان مصرف از نظر ارزش انرژی مصرفی ، حدود 38 درصد از کل درآمد های حاصل از فروش سوخت های فسیلی را به خود اختصاص می دهد که از این مقدار ،در حدود 70 در صد از مصرف ، صرفأ به منظور گرمایش و سرمایش فضاها استفاده می شود . اگر این میزان مصرف را با سایر کشورها و متوسط مصرف در کل دنیا ، مقایسه کنیم ، این واقعیت بر ما آشکار می گردد که در ایران ، وضعیت مصرف انرژی در این بخش ، وضعیت به سامانی را ندارد [4]. با توجه به مطالعات بیان شده می توان گفت ، دودکش های خورشیدی نقش مؤثری برحفظ سرمایش و گرمایش فضاهای داخلی ساختمان دارند . از آنجا که استفاده از دودکش خورشیدی روش مناسبي برای افزايش تهويه به صورت غیر فعال در ساختمان است، با انجام بررسي های دقیق بر روی آن، مي توان دودکش های خورشیدی با کارايي بالاتری را طراحي کرد. با توجه به اهمیت مسئله در حوزه حفظ و بهینه سازی انرژی ، استفاده از دودکش های خورشیدی علاوه بر اینکه توجه مهندسین معماری را به خود جلب کرده است، در دیگر رشته ها نظیر مهندسی مکانیک و عمران نیز پژوهش هایی در این حوزه صورت گرفته است که با مطالعه و استفاده از پژوهش ها ی آن ها نیز در مسیر رسیدن به هدف، کمک ساز خواهد بود.

**2- دودکش خورشیدی**

دودکش خورشیدی می تواند عمودی یا متمایل باشد که یکی از سامانه های تهویه طبیعی خورشیدی است که در مناطق گرم و مرطوب برای تهویه،کاهش دما و رطوبت هوای فضای داخلی ساختمان استفاده می شود.یک دودکش خورشیدی در اثر نیروی شناوری جریان هوایی تولید می کند که سبب بالا رفتن هوای گرم و خروج آن از بالای دودکش می شود و هوای سرد جایگزین آن می گردد.برای افزایش میزان جذب انرژی خورشیدی سمت جنوبی دودکش با صفحه شیشه ای پوشیده می شود و در سطح داخلی دیواره با رنگ کدر و در سطوح خارجی دیگر عایق حرارتی قرار داده می شود [11]

|  |  |
| --- | --- |
| **شکل 1. شماتیکی از دودکش خورشیدی عمودی[12]** | **شکل 2. شماتیکی از دودکش خورشیدی مایل[5]** |

درشکل 3 یک دودکش خورشیدی به صورت شماتیک نشان داده شده است.برای افزایش حجم سرمایش دودکش های خورشیدی دمای هوای ورودی را می توان به روش های مختلف کاهش داد.در شکل 4 با عبور هوای ورودی از میان لوله هایی که در عمق چند متری زمین قرار دارند میتوان دمای هوای ورودی را مقداری کاهش داد.عبور لوله ها در عمق زمین همانند یک مبدل حرارتی عمل کرده و مقداری از حرارت هوا به زمین داده می شود[13].

|  |  |
| --- | --- |
| Capture**شکل 3: دودکش خورشیدی با صفحه شیشه ای[2]** | Capture **شکل 4: ترکیب دودکش خورشیدی و سرمایش زمینی[2]** |

در برخی از مناطق می توان از برج های بادگیر و دودکش خورشیدی به صورت ترکیبی استفاده کرد. همانطور که در شکل 5 نشان داده شده است،هوا از دریچه ورودی بادگیر وارد برج شده،پاشیدن آب روی آن باعث کاهش دما می شود و سپس وارد ساختمان می گردد.در صورتی که سرعت باد پایین باشد،دودکش خورشیدی با نیروی شناوری ایجاد شده جریان هوای مورد نیاز را تأمین می کند . [6]

****

**شکل 5: ترکیب دودکش خورشیدی و برج باد گیر[9]**

**3- انواع دودکش های خورشیدی**

 دودکش های خورشیدی به دو دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

* دودکش های خورشیدی برای تولید برق
* دودکش های خورشیدی برای تهویه ساختمان

نوع اول در مقیاس بزرگ صنعتی ساخته می شود و از سه عنصر اصلی جمع کننده هوا ،برج یا همان دودکش و توربین بادی تشکیل شده است که هوای گرم در این برج به دلیل سبک بودن به سمت بالا حرکت می کند(ایجاد مکش در پایین برج) تشعشع خورشیدی در این برج باعث ایجاد مکش به سمت بالا می شود که انرژی حاصل از این مکش توسط چند مرحله توربین تعبیه شده در برج به انرژی مکانیکی تبدیل شده و پس از آن به برق تبدیل می شود.توان تولید برق یک دودکش خورشیدی متناسب با حجم حاصل از ارتفاع برج و سطح کلکتور است یعنی می توان با یک برج بلند و سطح کم و یا یک برج کوتاه با سطح وسیع به یک میزان برق تولید کرد[7] . نوع دوم در ساختمان ها کاربرد دارد که شبیه به دودکش های متداول دیگر است با این تفاوت که سه طرف دیوار یا فقط دیوار جنوبی آن شیشه ای است و یک طرف آن دیوار جاذب برای ذخیره انرژی خورشیدی قرار دارد که هوا توسط انرژی خورشیدی گرم شده و به سمت بالا حرکت می کند که می تواند تهویه را در ساختمان انجام دهد[14]. دودکش خورشیدی معمولا برای ایجاد تهویه برای سرمایش استفاده می شود و برای گرمایش می توان منفذ دودکش را بست و هوای گرم شده داخل دودکش را به وسیله فن به داخل ساختمان فرستاد .در طراحی یک دودکش عوامل مؤثر شامل ارتفاع،پهنا،عمق کانال،نوع شیشه ،نوع جاذب،عایق و ماده ذخیره ی حرارتی(آجر،بتن،سنگ و هر ماده با ظرفیت حرارتی بالا) [8].

|  |  |
| --- | --- |
| Capture**شکل 6.دودکش خورشیدی برای تولید برق[15]** |  **شکل 7.دودکش خورشیدی برای تهویه ساختمان[16]**  |

**4- نمونه هایی از پژوهش های انجام شده دودکش خورشیدی**

چن و همکاران. دودکش های خورشیدی را با یک شار حرارتی یکنواخت بر روی یک دیوار شکاف های مختلف در دودکش ،گرمای ورودی شار و همچنین شیب های مختلف دودکش ها را مورد مطالعه قرار دادند.مشخص شد که حد اکثر سرعت جریان هوا با یک زاویه گرانشی حدود 45 درجه برای یک شکاف 200 میلی متری در یک دودکش 5/1متری حاصل شده است[17]. آفونسو و اولیویا رفتار یک دودکش خورشیدی و یک دودکش معمولی را مقایسه کردند.نتایج تجربی نشان داد که با دودکش خورشیدی افزایش قابل توجهی در میزان تهویه به وجود می آید [18]. لی و هائو .بحث در مورد دما و توزیع سرعت هوا در یک دودکش خورشیدی بر اساس تحقیقات بر یک دودکش خورشیدی عمودی، اشاره شد که لایه مرزی دما و سرعت در نزدیکی سطح گرم شده تشکیل می شود [19]. اونگ از یک تکنیک ریاضی برای تعیین دمای مرزی در سطح پوشش شیشه ای و همچنین دیواره ی جذب گرمای خورشیدی پشتی (عقبی) و جریان در کانال با استفاده از یک شبکه ی مقاومت حرارتی استفاده کرد[20]. بالوکو مدل مشابهی را برای تجزیه و تحلیل عملکرد انرژی یک نمای تهویه ایجاد کرد.نتایج شبیه سازی شده نشان داد که این احتمال وجود داشت که اثر خنک کننده ی محسوسی در تابستان،در زمانی که پهنای حفره ی دودکش گسترده تر از 7 سانتی متر بود،به دست آید.برای حفره های وسیع تر،اثر خنک کننده پایدار می شد.این مدل برای درک مکانیزم انتقال حرارت و همچنین عملکرد انرژی تهویه شده مفید است[21]. سوداپورن و بوندیت صورت آزمایشی تأثیر دودکش خورشیدی را بر افزایش تهویه هوای داخل در صورت وجود یا عدم وجود بامِ مرطوب بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دودکش خورشیدی، بسته به دمای محیط و میزان تابش خورشیدی می توانند دمای داخل را 1 تا 5 .3 درجه کاهش دهد [22]. ژا و همکارانش با عنوان مطالعات آزمایشی و عددی از دودکش خورشیدی برای تهویه در ساختمان های کم انرژی در این مقاله نتیجه شبیه سازی انرژی نشان می دهد که دودکش خورشیدی دارای اثر بخشی صرفه جویی در انرژی است. به عنوان مثال، در شرایط شایع شرایط آب و هوایی در شانگهای، با استفاده از یک دودکش خورشیدی در این مورد مطالعه صرفه جویی در انرژی در سال، تهویه هوا به 12.9٪ سالانه و 14.5٪ در فصول سرد شدن هوا تهویه مطبوع است [23]. شی و همکارانش با تحقیق تاثیرات چهار فاکتور اساسی روی دودکش خورشیدی ، شامل پیکربندی شرایط نصب، کاربردهای مواد و محیط زیست. چندین نتیجه گیری می تواند مورد توجه قرار گیرد [24]. در مقاله حیدری و فخاری دودکش خورشیدی را در یک ساختمان چندطبقه مقایسه کرده اند و نتیجه گرفته اند با افزایش عمق دودکش نرخ جریان هوای خروجی افزایش می یابد [9].در مقاله بوچیر نسبت یک به ده را به عنوان نسبت بهینه برای شکاف هوای دودکش خورشیدی ثابت کرده است[25].

**5- زمینه های کاربرد دودکش های خورشیدی و کاربرد آن در ایران**

ویژگی اصلی دودکش های خورشیدی تأمین مقدار نامحدود هوای تازه و گرم ورودی به ساختمان است.هوای گرم تولید شده قابلیت استفاده در واحد های مسکونی و اقامتی ،و انبار های ذخیره مواد،کارگاه های صنعتی ،مراکز آموزشی و فرهنگی ،مراکز تجاری و فروشگاه های بزرگ ،مراکز نگهداری و پرورش حیوانات و... را دارد.

در چند دهه اخیر ،نمونه زیادی ازخانه های خورشیدی در کشور های صنعتی و پیشرفته ساخته شده که با استفاده از انرژی طبیعی(باد،خورشید،انرژی زمین گرمایی و ...)گرمایش و سرمایش ساختمان را تأمین می کنند.البته اغلب طرح خانه های خورشیدی به صورت خانه های ویلایی منفرد در یک فضای باز می باشد و استفاده از این فناوری در یک سطح وسیع در مجتمع های مسکونی به ندرت اتفاق افتاده است.اما قدیمی ترین کاربرد آگاهانه از انرژی خورشیدی در منازل ،ارزانی حامل های انرژی در ایران می باشد،در صورتی که با وضعیت کنونی انرژی،ضرورت اجرای طرح های خورشیدی امری اجتناب ناپذیر است.در حال حاظر در اکثر کشور ها کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان ها به طریق مختلف صورت می گیرد:

-تأمین آب گرم مصرفی: در سیستم های فعال خورشیدی آب گرم مصرفی عمدتا بوسیله آبگرمکن های خورشیدی با استفاده از کلکتورهای تخت تأمین می شود.

- تأمین گرمای مورد نیاز: تأمین درصدی از گرمای مورد نیاز ساختمان ها معمولا به یکی از روش های ذیل و با ترکیبی از آن ها صورت می گیرد:دیوار ترومب ،گلخانه،استخر های خورشیدی...

- تأمین سرمای مورد نیاز :سرما زایی به وسیله انرژی خورشیدی به روش های مختلفی از جمله سیستم های جذبی صورت میگیرد. تأمین بار برودتی مورد نیاز ژنراتور چیلر های جذبی توسط سیستم های خورشیدی از قبیل کلکتورهای تخت با بازدهی بالا و... تأمین می گردد.

- تأمین روشنایی: روشنایی ساختمان ها می تواند با استفاده از سلول های فتوولتائیک تأمین شود.یعنی با محاسبه انرژی مورد نیاز برای روشنایی ساختمان تعداد پنل های فتوولتائیک (هر پانل از سری موازی قرار گرفتن چند سلول تشکیل شده است) و ظرفیت باطری ذخیره مورد نیاز مشخص می شود.ودر نتیجه با استفاده از پنل های خورشیدی و شارژرگلاتور(که از شارژ و دشارژ بیش از حد باطری جلوگیری می کند)و باطری ذخیره مورد نیاز ساختمان تأمین خواهد گردید.

در ایران با توجه به اینکه بر اساس اعتقادات دینی جامعه ،صرفه جویی و دوری از اسراف یک امر پسندیده و واجب محسوب می شود، ولی همانطور که گفته شد ارزان بودن قیمت حامل های انرژی و در دسترس بودن انواع منابع آن سبب شد تا جامعه ما با تأخیر قابل توجهی به ضرورت بهینه سازی مصرف انرژی بیندیشد. بر این اساس در جهت مدیریت مصرف انرژی و به منظور بهینه سازی مصرف می توان روش های مختلف تولید انرژی را در دستور کار قرار داد[10]

**6- نمونه موردی اجرا شده دودکش خورشیدی**

 ساختمان Hydro Manitobaدر سال 2009 ساخته شده است .مساحت آن ft² 697,501/ m2 64،800 متر مربع است ،معمار این بنا اسمیت کارتر می باشد .در مرکز شهر وینیپگ، این محیط تجاری نوآورانه دارای پارکینگ، پدیوم 3 طبقه را شامل دفاتر، رستوران ها و خرده فروشی، با دو برج اداری 18 طبقه با باغ های زمستانی را با هم ترکیب می کند. وینیپگ با درجه حرارتی 6،253 سانتی گراد روز (11،255 درجه فارنهایت-روز)می باشد. یک درجه حرارت طراحی زمستانی 31- درجه فارنهایت (35- درجه سانتیگراد) و دمای طراحی تابستانی 86+ درجه فارنهایت (30+ درجه سانتیگراد) تیم پروژه را با چالش های منحصر به فرد آب و هوایی ارائه می دهد. بهره وری انرژی این ساختمان به وسیله بهینه سازی جهت استفاده از انرژی های غیر فعال خورشیدی برای ایجاد در فضای داخلی؛ سقف های بلند برای افزایش روزافزون نور طبیعی: ایجاد مناطق نواحی بافر به عنوان باغ های زمستانی و نمای دو جداره برای تهویه مطبوع هوای تازه خورشیدی. بهبود بسیار موثر گرما مصرف انرژی را با استفاده از هوای ورودی قبل از گرمایش کاهش می دهد، استفاده از تهویه جابجایی به طور مداوم سبب تامین هوای تازه می شود. پنجره های قابل استفاده و دودکش های خورشیدی به تهویه طبیعی اجازه می دهند. گرمایش و سرمایش دودکش خورشیدی حرارتی بوسیله مبدل های حرارتی زمین گرمایی پشتیبانی می شود. این ساختمان به طور پویا با شرایط مداوم آب و هوایی سازگار است. اشخاص می توانند محیط شخصی خود را بر اساس اولویت شخصی خود با استفاده از پنجره های قابل حرکت ، نورپردازی و سایه زنی کنترل کنند. این ساختمان 140 کیلووات ساعت در متر مربع درسال انرژی اولیه برای عملیات ساخت و ساز را مصرف می کند و آن را به عنوان موثرترین برج اداری در آمریکای شمالی، 60٪ زیر یک برج معمولی دفتر مرکزی تاسیس می کند. علاوه بر بهره‌وری انرژی ساختمان، سطح جدیدی از راحتی حرارتی و بصری را با همه ایستگاه‌های کاری که به نمای خارجی دسترسی دارند را فراهم می‌کند[26].



**شکل 8: ساختمان اداریHydro Manitoba در وینیپگ، MB، کانادا**[26]

**7- پیشنهادات برای اجرای دودکش خورشیدی**

1- جهت دستیابی به ابعاد بهینه و درست عملکرد دودکش بهتر است به نسبت بک به ده که نسبت بهینه برای عمق دودکش است توجه شود.

2- در اقلیم های مختلف ممکن است عملکرد یکسانی نداشته باشد بنابر این پیشنهاد می شود از روش های مکانیکی برای بهره بردن از آن استفاده شود.

**8- نتيجه‌گيري**

آنچه که در این مقاله مطرح شده استفاده از انرژی های پاک است که یکی از سیستم های مربوطه استفاده ازدودکش خورشیدی می باشد که می تواند کمک فراوانی در کاهش مصرف انرژی کند و بخشی مهمی در گرمایش و سرمایش و تهویه و تولید برق را دارد، دودکش خورشیدی بیشتر برای تولید برق مورد توجه قرار گرفته شده و آنچه که کمتر به آن توجه شده استفاده آن در ساختمان ها برای تهویه و گرمایش و سرمایش است.البته در بعضی از کشورها استفاده از آن در ابعاد کوچک به چشم می خورد ولی برای استفاده در ابعاد بزرگتر نیاز به تحلیلات و شبیه سازی ها با توجه به شرایط اقلیمی داریم که با جرأت می توان گفت دودکش خورشیدی با توجه به شرایط محیط میتواند در جهت آسایش بسیار ثمر بخش باشد.

**مراجع**

 [1] کلته ، محمد ؛ رضوي نوري ، میلاد ؛ عاکف ، محمد رضا ،1393" بررسی عملکرد نیروگاه دودکش خورشیدي شیبدار و معمولی در اقلیم هاي مختلف ایران " مجله علمی پژوهشی مکانیک سازه ها و شاره ها ، 4 ( 3 ) ، 127- 146.

[2] رستي ، بهنام ؛ قرباني موصلو ، مهرداد ؛ اميدوار، امير**،** 1391"سامانه هاي غيرفعال خورشيدي روشي کارا جهت صرفه جويي در ميزان مصرف انرژي در ساختمان" مهندسی مکانیک ، 85 (21) ، 63-70 .

[3] ثقفی، محمد جواد ؛ فخاری ، مریم **،**1391" بررسی تاثیر دودکش خورشیدی بر تهویه ساختمان در اقلیم های مختلف ایران "نقش جهان ، 4 ( 3 ) ، 43-54 .

[4] پوردیهمی، شهرام ؛ گسیلی، بهرام، 1394" بررسی شناسه های حرارتی جداره های پوسته خارجی بنا "مسکن و روستا، شماره150،53-69 .

[5] خمسه وحید 1389 "دودکش خورشیدی و تهویه ساختمان ،مهنامه تهویه و تأسیسات"ش 7.

[6] شمسايي ، ابوالفضل ؛ محمودي ، بهروز ؛ سرلك ، مهدي ؛ وثوقي فر ، حميدرضا ،1390"مدلسازي عددي جريان هوا در دودكش خورشيدي " نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری ـ دانشکده فنی، دوره ، 45شماره4 ،مهرماه، صفحه 437 تا 442.

[7] قیابکلو ،زهرا، 1389"مبانی فیزیک ساختمان،تنظیم شرایط محیطی(2) "؛جهاد دانشگاهی امیر کبیر ،تهران.

[8] پیله چی ها، پیمان ؛ زرین مهر ، زهرا ، 1395 "عملکرد دودکشِ خورشیدی و تأثیر آن در تهویه مطبوع ساختمانهای معاصر"، اولین کنفرانس ملی آینده مهندسی و تکلونوژی ، ایران(تهران) ، 7 اسفند .

[9] فخاری ، مریم ؛ حیدری ، شاهین ، 1392"بهینه سازی دودکش خورشیدی و بررسی اثر آن بر تهویه ساختمان " نشریه هنرهای زیبا -معماری و شهر سازی، صفحه 18(2) ،83-88 .

[10] حاجیان زیدی، مهرداد؛ صادق صابری ، محمدجواد ؛ قدرجانی ، راضیه 1396 "دودکش خورشیدی و چگونگی کاربرد آن در ساختمانهای مسکونی " اولین کنفرانس ملی پژوهش های نوین در عمران و معماری و محیط زیست توسعه پایدار شهری ، ایران (شیراز) ، 9 شهریور .

[11] Bacharoudis, E.; Vrachopoulos, M.G.; Koukou, M.K.; Margaris, D.; Filios, A.E.;and Mavrommatis, S.A.; “Study of the natural convection phenomena inside a wall solar chimney with one wall adiabatic and one wall under a heat flux”, Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issue 13, pp.2266-2275, 2007.

[12] Energy-Plus; Version 8.7.0: The Board of Trustees of the University of Illinois and the Regents of the University of California through the Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory: COPYRIGHT, 1996- 2001.

[13] Halacy, D.; “Understanding Passive Cooling Systems”, Vita Publications, ISBN: 0-86619-265-4, 1986.

[14] Miyazaki T., Akisawa A ., Kashiwagi .,“The effects of solar chimneys on thermal load mitigation of office buildings under the Japanese climate ,” Renewable Energy (2006) 31 , 987–1010.

[15] www. sciencedirect.com.

[16] www. Sazorooyeh.com

[17] Chen ZD., Bandopadhayay P., Halldorson J., Byrijalsen C., Heiselberg P., Li Y., (2003) “An experimental investigation of a solar chimney model With uniform Wall heat flux,” Build Environ, 38, 893-906.

[18] Afonso.C , Oliveira.A . (2000) “Solar chimneys: simulation and experiment,” Energy and Buildings, Vol 32, pp 71\_79.

[19] A. Li, C. Hao(2009). “Experimental study on strengthening natural ventilation of solar chimney,” J. Solar Energy 30,460-464.

[20] K. S. Ong, (2003) “ A Mathematical Model of a Solar Chimney, Renewable Energy,” 28, pp.1047-1060.

[21] Carla Balocco. (2002) “A simple model to study ventilated facades energy performance,” Energy Build;34(5):469–75.

[22] Sudaporn, C. & Bundit, L. (2009) "Utilization of cool ceiling with roof solar chimney in Thailand: The experimental and numerical analysis," Renewable Energy, 34, 623–633.

 [23] Zha X., Zhanga J., Qin M , (2017) “ Experimental and Numerical Studies of Solar Chimney for Ventilation in Low Energy Buildings ,” Procedia Engineerin, 25 , 1612–1619.

 [24] Shi L., Zhanga G., Yangb W., Huangc D., Chengd X ., Setungea S . ( 2018 )“ Determining the influencing factors on the performance of solar chimney in buildings ,” Renewable and Sustainable Energy Reviews , 88 , 223–238.

[25] A. Bouchair. (1994) “Solar chimney for promoting cooling ventilationin southern Algeria,” Building Service Engineering Research and Technology 15 ,81–93.

[26] www.transsolar.com/projects/manitoba-hydro.