اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸

شبیه سازی تهویه و تامین سرمایش خودبخودی ساختمان با استفاده از ترکیب بادگیر و دودکش خورشیدی(حالت سه بعدی با دیدگاه دیفرانسیلی)

ولی کلانتر
استادیار دانشکده مکانیک دانشگاه یزد
vkalantar@yazduni.ac.ir

چکیده

درحال حاضر حدود چهل درصد از کل مصرف انرژی مربوط به ساختمان می گردد که بخش قابل توجهی ازآن صرف گرمایش وسرمایش آن می شود که علاوه بر مصرف بی رویه سوختهای فسیلی ، آلودگی محیط زیست را نیز بهمراه دارد. در این مقاله جهت صرفه جویی در مصرف سوخت وکاهش مشکلات زیست محیطی با ارائه ایده استفاده از انرژی خورشیدی جهت به حرکت درآوردن هوا در داخل ساختمان توسط دودکش خورشیدی واستفاده از گرمای نهان تبخیر آب جهت ایجاد سرمایش که در بالای یک بادگیر انجام میگیرد بدون استفاده از نیروی محرکه یا مصرف سوختهای فسیلی میتوان در مناطق گرم وخشک محیطی مطبوع با دمای مناسب ورطوبت لازم طبق استانداردهای تهویه مطبوع فراهم نمود برای این منظور با معرفی ناحیه محاسباتی (سه بعدی) وبکار گیری معادلات حاکم واعمال روشهای عددی مناسب نتایج مطلوبی حاصل شده است.

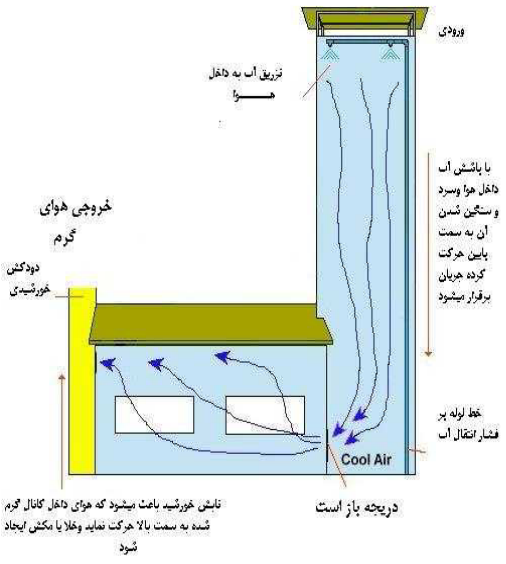
واژه‌هـــای کلیـــدی: دما،رطوبت،تبخیر،جریان،تهویـــه،انرژی خورشیدی ، شناوری مثبت ومنفی

مقدمه

دورنمایی از اتمام ذخایر فسیلی جهان در طی چند دهه آینده و همچنین موضوع جهانی شدن و به دنبال آن افزایش رقابت بین کشورهای جهان باعث شده است تا بهینه سازی مصرف انرژی، بعنوان یک سیاست استراتژیک از سوی اقتصادانان و دولتمردان کشور های جهان مطرح گردد و با اختصاص بودجه هایی که صرف تحقیقات و پژوهش در زمینه جایگزین کردن انرژی های نو به جای سوخت های فسیلی می شود، هر ساله روش های جدیدی برای بهینه سازی انرژی در جهان مطرح می شود. در سالهای اخیر، بحث استفاده از انرژی های نو جهت گرمایش و سرمایش ساختمان، نظر مهندسین و معماران را به خود معطوف ساخته است با توجه به این موضوع که بخش وسیعی از کشور در ناحیه آب و هوایی گرم قرار دارد اجرای روش های مناسبی جهت کاهش هزینه های سرمایش ساختمان قابل تأمل است. با توجه به اقلیم بیابانی شهرهای کویری نظیر یزد و داشتن تابستانهای طولانی و گرم و خشک، بکارگیری اصول بهینه سازی انرژی در ساختمان ضروری است مقاله حاضر، به طراحی یک ساختمان با سیستم سرمایشی طبیعی (استفاده از انرژی باد و خورشید)در شهرهای کویری می پردازد[۱و۲]. نتایج جالب بدست آمده حاکی از آن است که می توان هزینه اولیه جهت بکار بستن اصول بهینه سازی انرژی در ساختمان را، در سالهای بعد از طریق کاهش هزینه در مصرف سوخت و یا برق جبران نمود و با دیدی حساب شده، می توان ساختمان سازی متکی به رعایت اصول بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان را، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه دانست.

گرمای طاقت فرسای تابستان در مناطق کویری ایران و عدم دسترسی راحت به منابع انرژی ناشی از سوختهای فسیلی در گذشته باعث شده که انسان به فکر تهویه طبیعی و خودبخودی ساختمانها بدون استفاده از انرژی های فسیلی بیفتد .در این راستا بناهای برج مانند باریک وبلند چهار پهلو وشش پهلو یا هشت پهلو به نام بادگیر[۲] را ساخته است. این سازه ها بر فراز بامها احداث می شوند که در عین زیبایی و زینت بخشیدن به ساختمان نقش تهویه خودبه خودی فضای داخل ان را نیز به عهده دارند. امروزه به دلیل مصرف بی رویه سوختهای فسیلی وافزایش چشمگیر آلودگی محیط زیست

فکر بازسازی واحیا و برطرف نمودن معایب بادگیرهای سنتی معقول ومنطقی به نظر می رسد. از طرفی در این مناطق تعداد ساعات آفتابی در طول سال زیاد بوده میتوان از این تابش خورشید به عنوان یک منبع انرژی پاک استفاده نموده و با احداث دیوارهای ترومبی یا دودکش خورشیدی جریان خودکار هوا را داخل ساختمان برقرار نماییم. در داخل بادگیر با ایجاد شناوری منفی (هوای سرد وسنگین) جریان هوا به سمت پایین ودر داخل دیوار ترومبی (دود کش خورشیدی) باگرم شدن هوا شناوری مثبت بوجود آمده هوا به سمت بالا به حرکت در می آید ،با قراردادن سیستمهای تبخیری مناسب در محل ورود هوا به داخل بادگیر نظیر شکل (۱) میتوانیم فضای مطبوع و راحتی را در داخل از نظر دما و رطوبت بوجود آوریم[۳]. در این مقاله در نظر است به روش عددی ضمن بکارگیری معادلات حاکم بر حرکت سیال درحالت دوبعدی ودائم، اثرات سرعت و جهت باد ،دمای هوا ، ارتفاع بادگیر، جنس ان و نقش رطوبت ناشی از اضافه نمودن پاشش آب در مسیر حرکت هوا در عملکرد سرمایشی ساختمان مطالعه گردد و تاثیر دودکش خورشیدی ودبی هوای در گردش ایجاد شده توسط آن مورد ارزیابی قرار گیرد و سرانجام با ارائه راهکارهای مناسب زمینه استفاده مجدد این سازه ها در معماری جدید فراهم شود.گفتنی است در این راستا مقدار قابل توجهی در مصرف انرزی صرفه جویی به عمل می آید.



شکل(۱) طرح اولیه تهویه طبیعی بدون استفاده از نیروی محرکه یا بادگیر

معادلات حاکم برجریان

معادلات حاکم بر حرکت سیال در داخل ساختمان به عنوان حجم کنترل یا ناحیه محاسباتی عبارتند از:

۱-معادله بقائ جرم

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = S_m \qquad (۱)$$

S_m عبارت چشمه می باشد که ازجریان اصلی حذف یا اضافه می گرددودر ارتباط با پدیده تبخیر آب یا چگالش آن می باشد[۴].

۲- معادلات مومنتم

معادله متوسط گیری شده ناویر استوکس وحاکم بر جریان خواهد بود

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}[\mu(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i})] + \frac{\partial}{\partial x_j}(-\rho\overline{u_i' u_j'}) + f_i \qquad (۲)$$

عبارت $\overline{\rho u_i' u_j'}$ معرف تنشهای رینولدز می باشد که در ارتباط با نوسانات سرعت حول مقدار متوسط با به کار گیری فرض بوزینسک حاصل شده است [۴]

۳-معادله انرژی

جهت محاسبه توزیع دما در داخل ساختمان به معادله انرژی نیاز می باشد که عبارت است از:

$$\frac{\partial}{\partial x_j}[u_i(\rho E + P)] = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\lambda + \frac{c_p \mu_t}{pr_t})\frac{\partial T}{\partial x_j} - \sum_j h_j J_j] + S_h \qquad (۳)$$

دراین معادله E عبارت است از:

$$E = \sum h_j Y_j + \frac{u^2}{2} \qquad (۴)$$

λ ضریب هدایت حرارتی سیال وJj شار نفوذی جزء j می باشد وS_h مربوط به هرگونه چشمه انرژی است

۴- معادله انتقال

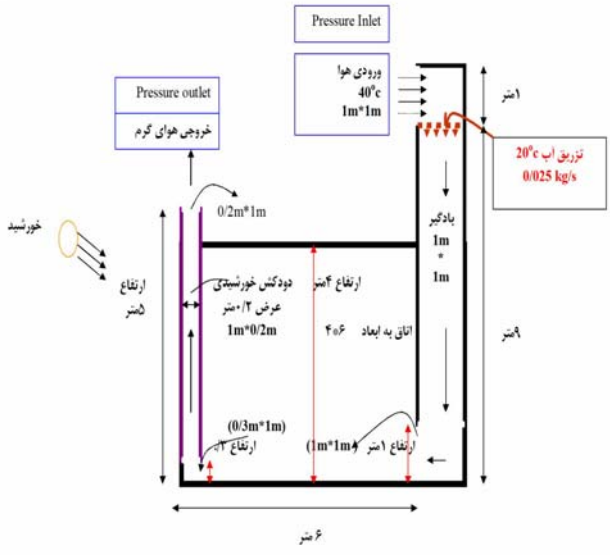
معادله انتقال برای بخار آب وپاشش آن داخل هوا عبارت است از:

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho Y_{H2o} u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\rho D_{H2o} + \frac{\mu_t}{sc_t})\frac{\partial Y_{H2o}}{\partial x_j}] + S_{H2o} \quad (۵)$$

S_{H2o} در ارتباط با مقدار آبی است که به جریان اصلی اضافه(ناشی از تبخیر) یا کسر(ناشی ازتقطیر) گردد . D_{H2o} ضریب نفوذ بخار آب به داخل هوا می باشدکه$2.88 \times 10\text{-}5$ مجذور متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است. S_{ct} عدد بدون بعد اشمیت مغشوش نام دارد که حدود ۷/. است.

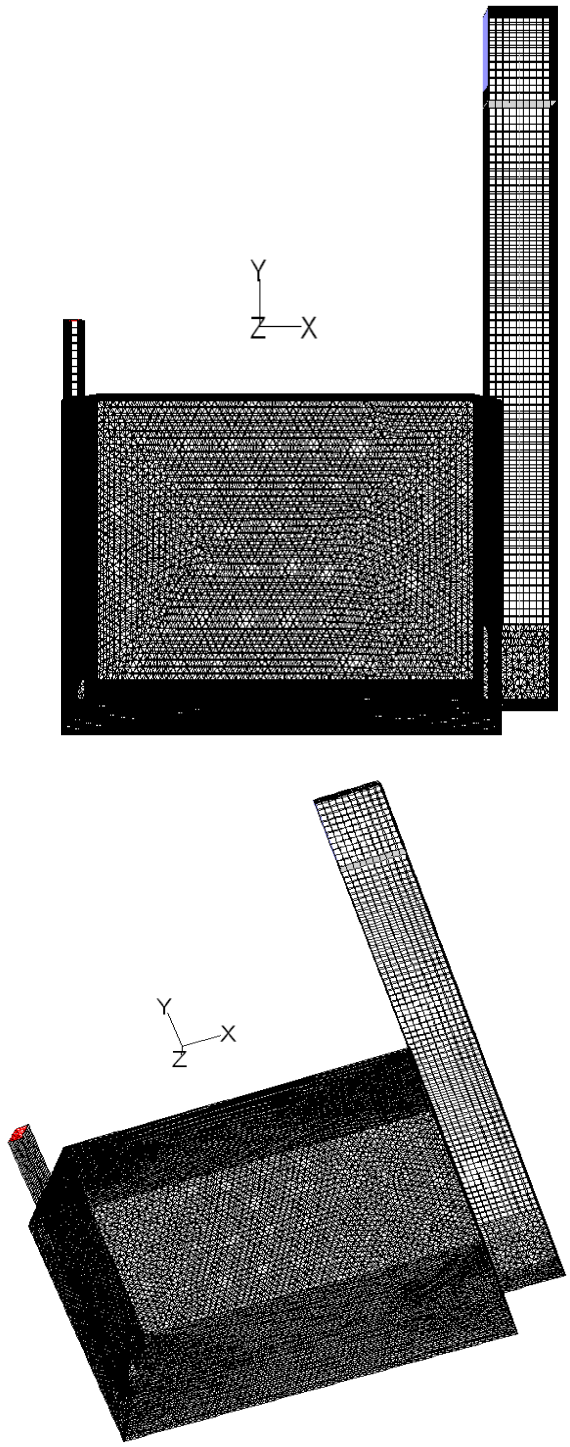
معرفی روش عددی انتخاب شده،شبکه محاسباتی وشرایط مرزی

جریان در داخل حجم کنترل مغشوش وبر اساس مدل$k\text{-}\varepsilon$ با الگوریتم Simple حل گردیده است.نرم افزار مورد استفاده FLUENT 6.3.بوده که شرایط مرزی و شبکه انتخابی براساس شکلهای(۲و۳) می باشد.



شکل(۲) – نمایش هندسه وکلیات صورت مسئله

مطابق شکل(۲) کل دیواره عایق انتخاب شده اندودرداخل دودکش خورشیدی دیواره سمت راست بادمای ۱۲۰ ودیواره سمت چپ(شیشه)دمای آن۳۵ درجه سانتیگرادانتخاب شده است. در مورد شبکه انتخابی به گونه ای اندازه ها وتعداد گره ها انتخاب شده است که حل مستقل از شبکه گردد ودقت محاسبات تا۰/۰۰۰۰۰۱ درنظر گرفته شده است. زمان اجرای برنامه برای رسیدن به دقت فوق باتوجه به گستردگی شبکه(شکل۳) وریز بودن ابعاد آن بایک کامپیوتر معمولی طولانی بوده وحدود هیجده ساعت برای هراجرا می باشد.



شکل(۳) – شبکه انتخاب شده برای حل عددی

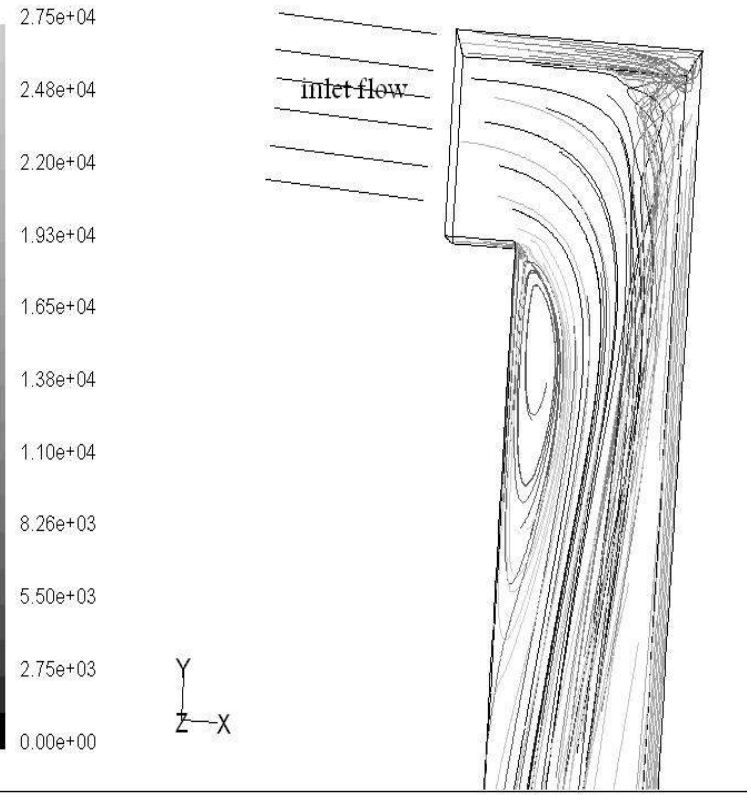
نتیجه‌گیری

مطابق با نتایجی که از اجرای برنامه در حالتهای مختلف بدست آمده است ملاحظه می گردد که اضافه نمودن آب در مسیر حرکت هوا تاثیر بسزایی روی کمیات مختلف از جمله دما،رطوبت نسبی،سرعت سیال،جرم حجمی و غیره می گذارد مثلا مقدار دما نظیر شکل (۵) به صورت قابل توجهی کاهش میابد و رطوبت نسبی یا جرم حجمی سیال نظیر شکل(۶) افزایش میابد که برای شرایط آب وهوایی شهرهای گرم وخشک نظیر یزد هردو مناسب می باشد چنانچه دیوارها ی بادگیر عایق فرض گردند دمای هوا در محل خروجی بیشتر کاهش میابد. نتایجی که از اجرای نرم افزار Fluent حاصل شده است با نتایج بدست آمده ازآزمایش هماهنگی دارد[مرجع۵].مطابق با استاندارد تهویه مطبوع که نوصیه می کند در داخل ساختمان دما ۲۵و رطوبت نسبی ۵۰ درصد باشد[۶] نتایج نشان می دهند که با مصرف معقول مقداری آب (۳۳ لیتر در ساعت) ودرنظرگرفتن دمای۱۰۰برای صفحه داغ دودکش خورشیدی که براحتی بوجود می آید دبی حجمی هوای عبوری از دودکش دریک ساعت ۲۰۰۰ مترمکعب شده که جوابگوی تهویه وتامین سرمایش ساختمانی با زیر بنایی در حد ۱۲۰ متر مربع بدون مصرف برق یا سوخت یا نیروی محرکه می باشد. (تامین مقدار اندک برق برای پمپ سیرکولاسیون آب توسط انرژی خورشیدی امکان پذیر می باشد)

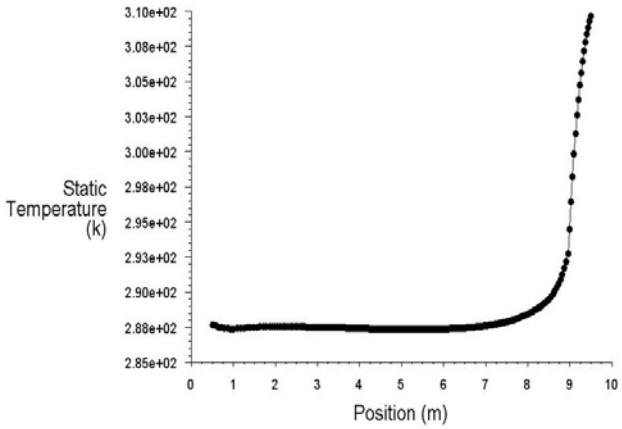
درشکل(۷) دما هوا درمجاورت کف اتاق رسم گردیده که مقدار پایینی می باشد ودر واقع کارایی این روش را میرساند میتوانیم مقدار تزریق آب به داخل هوارا کاهش دهیم تارطوبت نسبی داخل اتاق زیر۵۰ درصد باشد.

مطابق با شکل (۸)که از اجرای برنامه در حالتهای مختلف حاصل شده است، این نتیجه حاصل می گردد که هرچقدرمقدارآب تزریقی افزایش یابد دمای آب بیشتر کاهش یافته تا جایی که حالت اشباع حاصل گردد در این صورت دیگر آب تبخیر نگردیده اضافه کردن آب تاثیری ندارد و به صورت مایع اطراف دیواره ها وته بادگیر جمعر می گردد. پس می توان براحتی دما ورطوبت کافی مطابق با شرایط استاندارد تهویه مطبوع[۶] در داخل ساختمان را تامین نمود برای حالت اجرا شده ورود گرما به داخل فضای بادگیر لحاظ گردیده اگر دیواره ها به گونه ای عایق باشند میزان مصرف آب به مقدار قابل توجهی کاهش میابد.هر چقدر ارتفاع بادگیر بیشتر باشد سرعت باد در محل ورودی بادگیر بیشتر شده عملکرد را افزایش میدهد، همچنین اثر شناوری منفی بواسطه هوای سنگین نیز افزایش یافته جریان قویتری از مخلوط هوا و بخار آب به سمت پایین خواهیم داشت. جنس مصالح بادگیر جهت ذخیره انرژی داخل خود اهمیت دارد در روز دیواره ها حرارت را در خود ذخیره نموده ودر شب آزاد می کنند در نتیجه هوا داخل ان به سمت بالا به حرکت درمیآید وحالت مکش بوجود میاید به عبارت دیگر کوران طبیعی ایجاد میگردد که در تابستان چنین عملکردی خوشایند میباشد و همزمان عمل تهویه نیز صورت می گیرد.

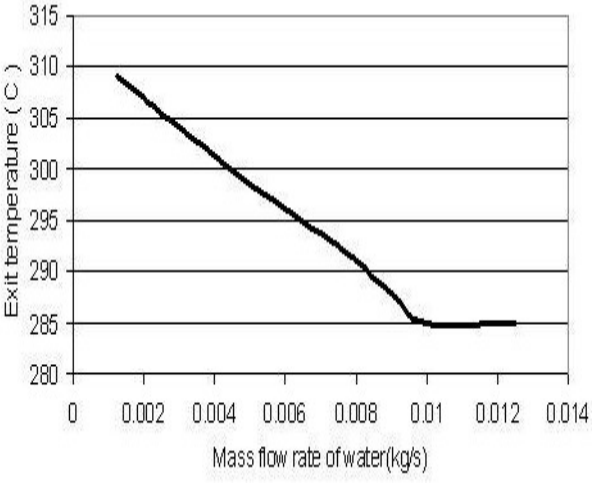
درداخل دودکش خورشیدی در اثر تابش خورشید به داخل آن وعبور از شیشه(دیواره سمت چپ) هوا گرم شده که به سمت بالا به حرکت درمی آید و درواقع کار فن را انجام می دهدمطابق با شکلهای(۹)و(۱۰) توزیع دما وسرعت مابین دو دیواره در صفحه میانی مشاهده می گردد.



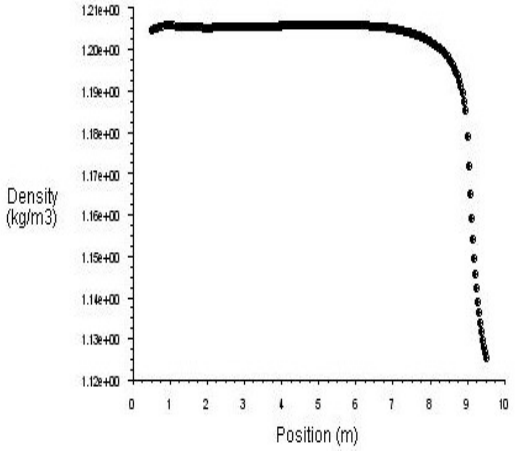
شکل(۴) - خطوط جریان در داخل بادگیر(صفحه میانی)



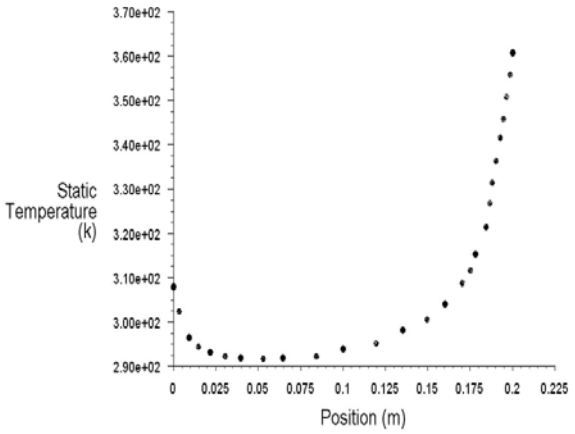
شکل(۵) – تغییرات دمای هوا در بادگیر از بالا(۹متری سطح افق) تا پایین(نیم متری کف)بلافاصله بعد از محل تزریق آب دمای هوا ناگهان کاهش یافته است.



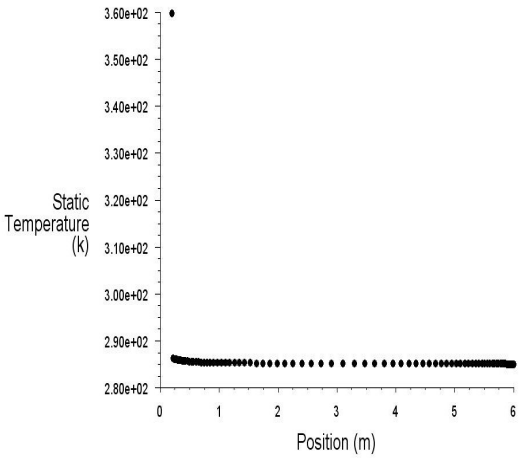
شکل(۸) - ارتباط دمای خروجی از بادگیر با مقدار آب تزریق شده



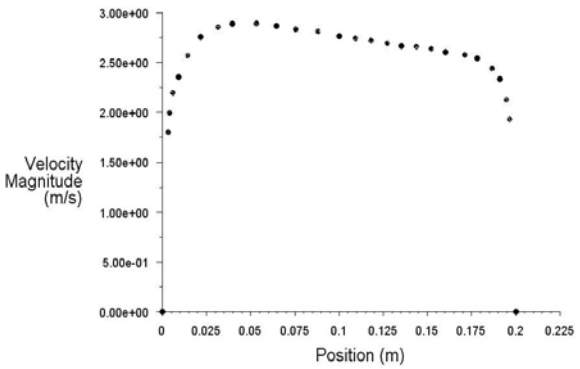
شکل(۶) - تغییرات جرم حجمی هوا در داخل بادگیر



شکل(۹) – توزیع دما مابین دو دیواره دودکش خورشیدی



شکل(۷) – توزیع دما داخل اتاق در مجاورت کف



شکل(۱۰) – توزیع سرعت مابین دو دیواره دودکش خورشیدی

مراجع

1- Bahadori, MN,” Passive cooling systems in Iranian architecture” Scientific American, pp.144-154, 1978
2-Kalantar, V.,” Natural ventilation the building with wind tower and renewable energy without using fuel oil “, the third conference on fuel conservation in building, pp.1566-1577, 13-14 Mar. 2005.Tehran-Irans.
3- http://www.i4at.org/lib2/aircool.htm
4- User's Guide, FLUENT 6.1, 2000.
5- Pearlmutter D., Etzion Y., Erell E., Meir I.A., Di H.,"Refining the use of evaporation in an experimental down-draft cool tower,"Energy and Buildings, Vol. 23, No. 3, pp. 191-197, 1996.
PP.1.3-113, 1985.
6-Ashare Handbook, “Fundamentals”, American Society of heating, refrigerating and air_ conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, 1981.

اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
ایران، تهران، خرداد ۱۳۸۸

Numerical Simulation of Natural Ventilation in a Building by combined windtower and Solar Chimney

V.kalantar
Mechanical Engineering Department, yazd University
E-mail: vkalantar@yazduni .ac.ir

Abstract
In the present study, an attempt is made to study the cooling performance of a wind tower and a solar chimney in a hot and dry region.Also in the study the effects of parameters including wind tower height, variety of the materials used in the wind tower walls, the amount of vaporized water, the temperature of input and output air, the wind velocity and the relative humidity were investigated.
Furthermore, to develop, a natural flow of air, for days without blowing a wind the role of solar chimney was considered.
Finally, to investigate and take information about streamlines of airflow in wind tower (Baud-Geer), velocity, pressure, humidity, temperature and density profile of fluid, Fluent software is applied to analyze the air flow in the wind tower in differential view for two dimensional and steady state conditions with water spraying at the top of wind tower.
The results indicate that the evaporative cooling is very effective in a hot and dry region. The temperature decreases considerably, if the wind towers are equipped with the water vaporization system. This causes the air becomes heavier and a natural motion of air through downside of wind tower to be produced.

Keywords: Ventilation; Water vapor; Wind blowing; Natural Cooling; Airflow