۱۳۷۱
دانشگاه خیام
وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی مهندسی مکانیک

عنوان:

بررسی انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری داخل اتاق با نرم افزار فلوئنت

دانشجو:

دانیال صاحبی

استاد راهنما:

خانم دکتر شهره جلالی

شهریور ماه ۱۴۰۰

به نام خدا

چکیده

در این مقاله جریان سه بعدی داخل یک اتاق با یک سیستم گرمایشی که روی دیوار قابل جابه جایی است. با استفاده از نرم‌افزار فلوئنت[1] انتقال حرارت جابه جایی سیستم گرمایشی در سه حالت کف زمین، در فاصله ۰.۱۵ متری و فاصله ۲ متری مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که سیستم گرمایشی در فاصله ۰.۱۵ متری بیشترین گرما را به محیط می‌دهد.

[1] Fluent

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۶

۱-۱- بررسی جریان سیال و انتقال گرما در داخل اتاق برای سیستم گرمایش از کف ۶

۱-۲- ارزیابی ضرایب انتقال حرارت بین انتقال حرارت تابشی سقف و اتاق ۶

۱-۳- شبیه سازی انتقال حرارت از بخاری دارای فن توسط نرم افزار فلوئنت ۷

۱-۴- تأثیر محل قرار گیری منبع گرمایی و سرمایی دما ثابت بر انتقال حرارت جابجائی طبیعی یک محفظه ۷

۱-۵- انتقال حرارت طبیعی در یک ساختمان با نرم افزار فلوئنت ۷

۱-۶- بررسی تاثیر مکان سیستم گرمایشی روی دیوار بر انتقال حرارت درون محفظه ۸

فصل دوم ۹

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- ویژگی های نرم‌افزار ۹

۲-۳- موارد تحت پوشش ۱۰

۲-۴- قسمت های مختلف فلوئنت ۱۰

۲-۵- هندسه مورد بررسی ۱۱

فصل سوم ۱۲

منابع ۱۸

علائم اختصاری

متر	m
سانتی متر	cm
درجه کلوین	K
درجه سانتی گراد	$^{\circ}C$
وات	w
متر مربع	$m^{۲}$

فصل اول

بررسی پیشینه پروژه

۱ – ۱ - بررسی جریان سیال و انتقال گرما در داخل اتاق برای سیستم گرمایش از کف

در سال ۲۰۱۳ حسن کرابای[۲]، مسلم اریکی[۳] و موراست سندیک[۴] روی این مقاله این کار کردند.

در این مقاله به مقایسه دو سیستم گرمایش از کف و گرمایش دیواری می پردازد که سیستم گرمایش از کف برای گردش خون بهتر و توزیع دما همگن تر مناسب است و به طبقه بندی دما در اتاق در صورت استفاده از گرمایش دیواری اشاره می‌کند. در نتیجه گیری گفته شده است: سیستم گرمایش دیوار عملکرد حرارتی بهتر و شرایط آسایش بهتر با دمای پایین آب می‌تواند به دست آورد بنابر این مصرف سوخت و در نتیجه انتشار گاز های گلخانه ای را می‌توان کاهش داد.

۱ – ۲ - ارزیابی ضرایب انتقال حرارت بین انتقال حرارت تابشی سقف و اتاق

در سال ۲۰۰۴ وی چن[۵] و وی لیو[۶] روی این مقاله ای تحقیق کردند.

در این مقاله به انتقال حرارت و جریان هوا در دیوار کامپوزیتی[۷] جمع کننده خورشیدی با جاذب متخلخل مورد مطالعه قرار گرفته است. گرمای مازاد در اثر تشعشع خورشیدی در جاذب متخلخل ذخیره می‌شود که منجر به یک شیب دما در داخل متخلخل به طوری که وقتی نور در دسترس نیست جاذب بتواند به عنوان یک عایق حرارتی خوب کار کند. نتایج نشان می‌دهد که همه این فاکتور ها برای یک طراحی بهتر از سیستم گرمایشی خورشیدی منفعل اثر داده شود.

---

۲ *Hasan Karabay*
۳ *Muslum Arici*
۴ *Murat Sandik*
۵ *Wei Chen*
۶ *Wei Lio*
۷ *Composite*

۱ – ۳ - شبیه سازی انتقال حرارت از بخاری دارای فن توسط نرم افزار فلوئنت[۸]

در این پروژه مسأله ی حاضر به بررسی عملکرد جریان هوای گرم در فضای درونی یک اتاق می‌باشد. یک بخاری به صورت چسبیده به یکی از دیواره های جانبی اتاق قرار دارد. ساختمان بخاری دارای یک هیتر[۹] در مرکز خود می‌باشد و در بخش پایینی آن نیز سه فن در هر یک از وجه های بخاری قرار دارد که وظیفه ی آن دریافت هوای گرم از هیتر به صورت مکش و انتقال این هوای گرم با سرعت بالا به فضای درون اتاق به صورت دمش می‌باشد. این مدل شامل هر دو نوع انتقال حرارت جابه جایی اجباری و طبیعی می‌باشد. هدف مسأله ی حاضر، بررسی تأثیر استفاده از فن‌ها در افزایش انتقال حرارت و بهبود توزیع متقارن دما در فضای کل اتاق می‌باشد.

۱ – ۴ - تأثیر محل قرار گیری منبع گرمایی و سرمایی دما ثابت بر انتقال حرارت جابجائی طبیعی یک محفظه

هدف این تحقیق، بررسی تاثیر محل قرار گیری منبع گرمایی دما ثابت و منبع سرمایی دما ثابت بر انتقال حرارت جابجایی طبیعی درون محفظه می باشد. برای حل عددی این مسئله از روش اختلاف محدود مبتنی بر حجم کنترل با نرم افزار فلوئنت استفاده می شود. کاربرد این شبیه سازی در تونل های طویل سرمایشی در سردخانه های با جابجایی طبیعی است که اواپراتور[۱۰] به عنوان منبع سرد شبیه سازی است و پالت های حاوی مواد گرم (که بایستی خنک شوند) به منبع گرم شبیه سازی شده اند. به علت طویل بودن تونل سرمایشی، مدل ۲بعدی وسیله مورد بررسی قرار گرفته است.

۱ – ۵ - انتقال حرارت طبیعی در یک ساختمان با نرم افزار فلوئنت

در این پژوهش ضمن اینکه حالت‌های مختلف گرمایش از قبیل حالت گرمایش توسط بخاری و حالت گرمایش از کف بررسی شده است، تاثیر ارتفاع اتاق نیز بر روی توزیع دمای درون اتاق بررسی شده است. از میان نتایج به دست آمده مشاهده شده است که در یک توان حرارتی ثابت و مشخص، سیستم گرمایش از کف، گرمایش بهتری برای ساکنین اتاق نسبت به سیستم گرمایش از طریق بخاری موجب می‌شود. همچنین در بررسی اثر ارتفاع سقف، که در سه ارتفاع ۳/۳، ۳ و ۲/۷ متر شبیه‌سازی شده بود، مشخص شده که کاهش ارتفاع می‌تواند در افزایش دمای اتاق موثر باشد. بدین صورت که اتاق با ارتفاع ۲/۷ متر گرمایش بهتری را نسبت به سایر ارتفاع-

---

[۸] *Fluent*
[۹] *Heater*
[۱۰] *Evapotator*

های بررسی شده برای ساکنین اتاق فراهم گردانیده است. در نهایت، کانتور[11]های دمای مربوط به بررسی هر کدام از حالت‌ها نشان داده شده است.

۱ – ۶ - بررسی تاثیر مکان سیستم گرمایشی روی دیوار بر انتقال حرارت درون محفظه

در این مقاله جریان سه بعدی داخل یک اتاق که دارای یک سیستم گرمایشی با قابلیت تغییر مکان در نزدیکی یکی از دیواره ها است، با استفاده از روش جدید شبکه بولتزمن[12] بر پایه زمان آرامش چندگانه دوتایی مورد بررسی قرار گرفت و جایگاه بهینه این سیستم به منظور دستیابی به بیشترین میزان انتقال حرارت به داخل ساختمان (کمترین میزان هدر رفت انرژی) مشخص شد.
نتایج نشان داده است که هنگامی که سیستم گرمایشی در ۱/۴ دوم دیواره بگیرد بیشترین مقدار انتقال حرارت می‌شود.

[11] *Contour*
[12] *Boltzmann*

فصل دوم

نرم‌افزار فلوئنت[۱۳] و هندسه مورد بررسی

۲ – ۱ - مقدمه

یک نرم‌افزار مهندسی به کمک رایانه در زمینه دینامیک سیالات محاسباتی (*CFD*)[۱۴] برای مدل کردن جریان سیال و انتقال حرارت در هندسه‌های پیچیده می‌باشد. این نرم‌افزار امکان تغییر شبکه، به صورت کامل و تحلیل جریان با شبکه‌های غیرساخت‌یافته برای هندسه‌های پیچیده را فراهم می‌سازد.

این برنامه فوق العاده قابلیت های گسترده ای در اختیار شما می‌گذارد که با استفاده از آن می‌توانید به صورت مجازی شبکه را تغییر دهید و داده های موجود را به صورت کامل تحلیل کنید.

۲ – ۲ – ویژگی های نرم‌افزار

- جریان در هندسه‌های پیچیده دوبعدی و سه‌بعدی با به کار بردن محاسبات غیرساخت‌یافته و بهینه سازی و حل شبکه
- جریان تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر
- تحلیل جریان پایا (*Steady*) یا گذرا(*Transient*)
- جریان‌های لزج، آرام و متلاطم
- سیال‌های نیوتنی و غیرنیوتنی
- انتقال حرارت جابجایی شامل جابجایی آزاد یا اجباری
- ترکیب انتقال حرارت جابجایی/هدایتی
- انتقال حرارت تشعشعی
- مدل فریم‌های چرخان یا ساکن
- مش‌های لغزان و مش‌های متحرک
- واکنش‌های و ترکیبات شیمیایی، شامل احتراق و مدل‌های واکنشی

[۱۳] *Fluent*
[۱۴] *Computational Fluid Daynamics*

- محاسبات لاگرانژی[۱۵] برای تغییر فاز از ذرات، قطرات کوچک، حباب ها یا شامل ترکیبی از همه با فاز یکنواخت
- افزودن ترم‌های اختیاری حجمی از گرما، جرم، مومنتوم، اغتشاش و ترکیبات شیمیایی
- جریان در محیط متخلخل
- احتراق در محیط متخلخل
- مبدل‌های حرارتی، فن‌ها، رادیاتورها و بازده آن‌ها
- جریان‌های دوفازی و چندفازی
- جریان‌های سطح آزاد با شکل‌های سطح پیچیده
- شبیه سازی جریان در تونل باد

۲ – ۳ – موارد تحت پوشش فلوئنت

- گمبیت[۱۶] که به عنوان شبیه سازی و تولید هندسی شبکه مش عمل می کند
- *TGrid* که به عنوان پیش پردازنده های کمکی مش های حجمی را تولید می کند
- *prePDF* که به عنوان مدل کننده احتراق عمل می کند
- فیلترها که به عنوان ورودی و خروجی فایل ها از مش ها عمل می کند

در این پروژه از قسمت *Fluid Flow* نرم افزار *Ansys Fluent* استفاده می‌کنیم.

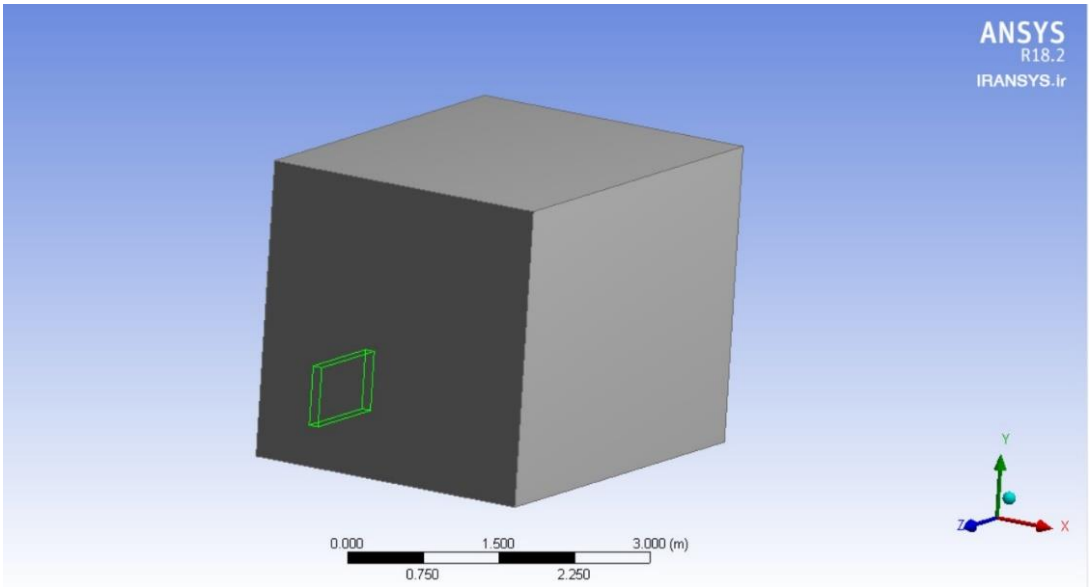
۲ – ۴ – قسمت های مختلف فلوئنت

Geometry: برای طراحی مدل ها و اجسام هندسی در نرم افزار از این محیط استفاده می‌شود.
Mesh: تولید شبکه و انتخاب روش محاسباتی
Setup: تعریف فرآیند حل بر روی مدل
Solution: تعریف فرآیند حل بر روی مدل
Results: نتایج به دست آمده

[۱۵] *Lagrange*
[۱۶] *Gambit*

۲ – ۵ – هندسه مورد بررسی

هندسه مورد بررسی در این پروژه اتاقی به طول ۴ متر و عرض ۳ به ارتفاع ۳ متر می‌باشد (شکل۱) که دارای یک سیستم گرمایشی به طول ۱ متر ، عرض ۱۰سانتی متر و ارتفاع ۶۰ سانتی متر و ضخامت ۱ سانتی متر.



شکل ۱: هندسه مورد بررسی

فصل سوم

نتایج

این تحقیق قسط دارد تا با بررسی کردن جای گذاری های مختلف سیستم گرمایشی در نرم‌افزار انسیس فلوئنت[۱۷] بهترین مکان و بیشترین بازده حرارتی را با مقایسه کردن پارامتر های مختلف از جمله کانتور دما، عدد ناسلت[۱۸]، عدد رایلی[۱۹]، عدد گراشف[۲۰]و... به دست آورد.

هر چه اعداد گراشف و رایلی بزرگتر باشد میزان انتقال حرارت افزایش بیشتری پیدا می‌کند.

برای این تحقیق سه حالت فرضی در نظر گرفته شده است:

حالت اول: سیستم گرمایشی کف زمین قرار داشته باشد.

حالت دوم: سیستم گرمایشی در فاصله ۱۵ سانتی متری زمین قرار گیرد.

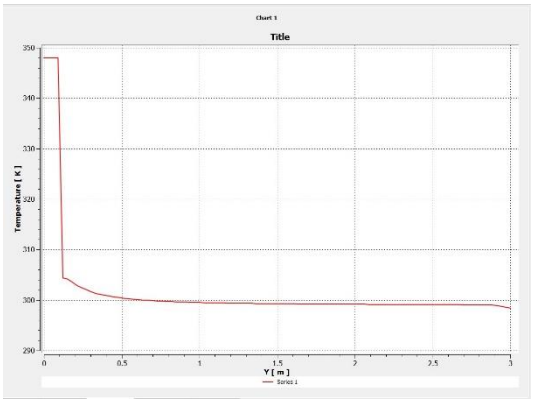
حالت سوم: سیستم در فاصله ۲ متری از زمین قرار گیرد.

هندسه مورد بررسی را در نرم‌افزار انسیس فلوئنت شبیه سازی کرده و جریان گذرا در نظر گرفته شده، جریان داخل اتاق هوا و جنس رادیاتور مورد بررسی آلومینیوم[۲۱] است.

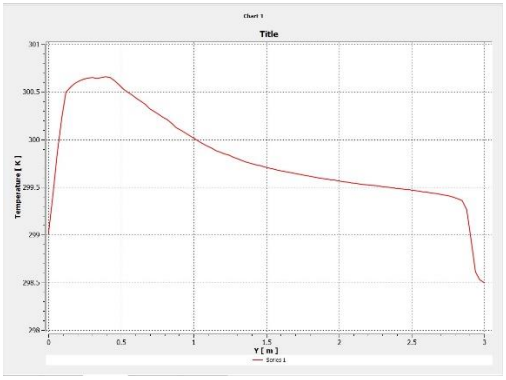
حالت انرژی را فعال کرده و لزجت سیال را روی حالت *k-epsilon* استاندارد قرار داده. رادیاتور دارای دمای ثابت ۳۴۸ درجه کلوین و دمای دیوار همرفتی ۲۹۸ درجه کلوین با ضریب انتقال حرارت $۱۰ {}^{w}/_{m^{۲}.k}$ است.

نمودار دما بر حسب ارتفاع سه حالت مورد بررسی در شکل های ۱ تا ۳ نشان داده شده است.

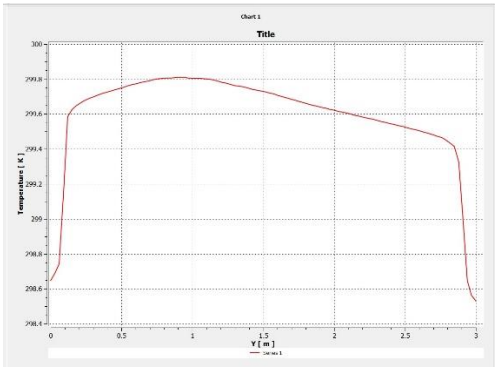
[۱۷] Ansys Fluent
[۱۸] Nusselt
[۱۹] Rayleigh
[۲۰] Grashof
[۲۱] Aluminum



شکل ۱: دما بر حسب ارتفاع رادیاتور کف زمین

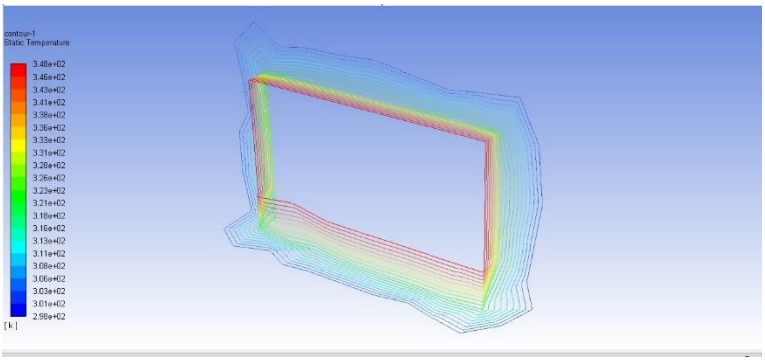


شکل۲: نمودار دما بر حسب ارتفاع رادیاتور در ارتفاع ۰.۱۵ سانتی متری



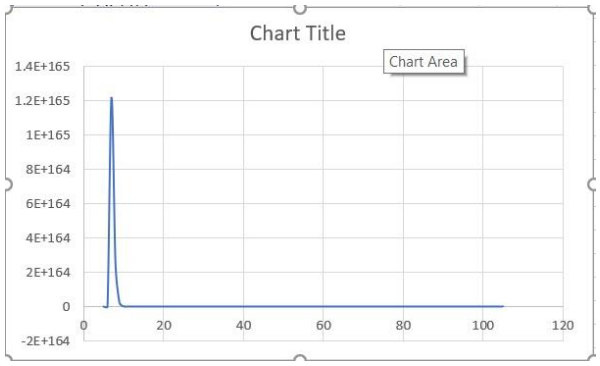
شکل۳: نمودار دما بر حسب ارتفاع رادیاتور در ارتفاع ۲ متری

کانتور[۲۲] دمای رادیاتور برای سه حالت مورد بررسی که دما در حالات مختلف k ۳۴۸ ثابت در نظر گرفته شده یکسان بوده و در شکل زیر نشان داده شده است.



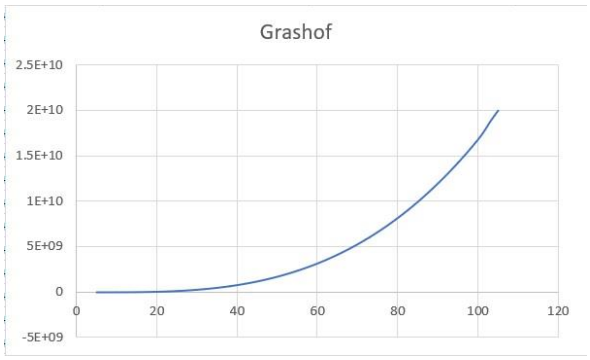
شکل۴: کانتور دما رادیاتور

در شکل ۵ نمودار عدد گراشوف نمایش داده شده است. هرچه این عدد بزرگ تر باشد میزان انتقال حرارت به صورت قابل توجهی‌ای افزایش می‌یابد.

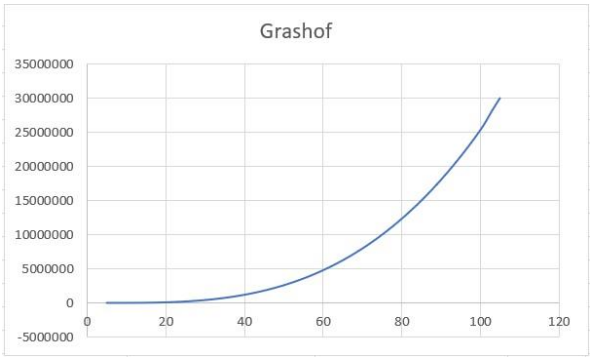


شکل ۵: نمودار گراشوف بر حسب ارتفاع سیستم گرمایشی حالت ۱

[۲۲] Contour



شکل ۶: نمودار گراشوف بر حسب ارتفاع سیستم گرمایشی حالت ۲



شکل ۷: نمودار گراشوف بر حسب ارتفاع سیستم گرمایشی حالت ۳

برای به دست آوردن عدد گراشوف در این تحقیق از رابطه زیر استفاده شده است:

$$(۱)\ G = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^۳}{\nu^۲}$$

βدر رابطه (۱) ضریب ابساط گرمایی بوده و از رابطه:

$$(۲)\beta = \frac{۱}{L_.}\frac{\partial L}{\partial T}$$

با توجه به شکل های ۵ تا ۷ مشاهده می‌شود که عدد گراشوف در سیستم گرمایشی حالت ۲ بیشتر از دو حالت دیگر است و انتقال حرارت بیشتری نسبت به دو حالت دیگر دارد.

عدد ناسلت برای سه حالت مورد بررسی تحقیق با اعداد مختلف رایلی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: عدد ناسلت برای سه حالت

	$Re = ۱۰^{۳}$	$Re = ۱۰^{۴}$	$Re = ۱۰^{۵}$
حالت ۱	۲.۸۹	۵.۵۰	۱۱.۶۲
حالت ۲	۳.۶۸	۷.۴۵	۱۷.۳۰
حالت ۳	۲.۹۸	۷.۱	۱۰.۴۱

در جابه جایی آزاد روی صفحه عمودی، چرچیل رابطه زیر را برای اعداد رایلی کمتر از $۱۰^{۹}$ پیشنهاد می‌دهد:

$$(۳)\ Nu_L = ۰.۶۸ + \frac{۰.۶۷Ra_L^{۱/۴}}{[۱ + (۰.۴۹۲/\mathrm{Pr})^{۹/۱۶}]^{۴/۹}}$$

$$(۴)\ Ra_x = Gr_x Pr = \frac{g\beta}{\alpha\nu}(T_s - T_\infty)x^{۳}$$

نتیجه گیری

با توجه به فرضیات مسئله و قرار دادن آنها در ورودی های نرم‌افزار مشاهده می‌شود که بهترین جای گیری رادیاتور در اتاق بین سه حالت در نظر گرفته شده در فاصله‌ی ۰.۱۵ سانتی متری از کف زمین است.

منابع

[۱] Hasan Karabay, Muslum Arıcı , Murat Sandık, (۲۰۱۳), A numerical investigation of fluid flow and heat transfer inside a room for floor heating and wall heating systems

[۲] Wei Chen, Wei Lio, (۲۰۰٤), Numerical analysis of heat transfer in a composite wall solar-collector system with a porous absorber

[۳] حقیقت پور. جواد، تأثیر محل قرار گیری منبع گرمایی و سرمایی دما ثابت بر انتقال حرارت جابجائی طبیعی یک محفظه، استاد راهنما،احمدی نودوشن.افشین

[٤] سجادی. حسن، امیری دلوئی.امین، (۱۳۹۸)، "بررسی تاثیر مکان سیستم گرمایشی روی دیوار بر انتقال حرارت درون محفظه"