

# بررسی عددی انتقال حرارت در لوله های فایر هیتر واحد بنزین سازی پالایشگاه تهران

## احمد عابدینی اسفهلانی<sup>1\*</sup>، علی حیدری<sup>1</sup>

۱- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران  
\* smnan, صندوق پستی ۳۵۱۴۱-۱۷۹، ahad\_abedini@yahoo.com

### چکیده

یکی از اساسی ترین مشکلات در کوره ها و فایر هیترها، کنترل و در حد مجاز نگه داشتن دمای سطح لوله ها می باشد. در این پژوهش انتقال حرارت در لوله های فایر هیتر واحد بنزین سازی پالایشگاه تهران به صورت عددی مورد بررسی واقع شده است. شبیه سازی احتراق کوره از طریق نرم افزار FIHR و همچنین مدل سازی جریان داخل لوله ها بوسیله نرم افزار فلونت انجام شده است و بدین ترتیب دمای سطح تمامی لوله ها بدست آمده است. نتایج نشان می دهند که با افزایش میزان هوای احتراق تا ۱۵٪، میتوان دمای سطح لوله ها را کاهش داد. علاوه بر این، کاهش دبی جریان سیال فرآیند نسبت به مقدار پیش بینی شده در طراحی و همچنین افزایش دمای هوای احتراق، سبب بالاتر رفتن دمای سطح لوله ها می گردد.

### کلیدواژگان

فایر هیتر، هوای اضافی، دبی جرمی، احتراق

## Numerical Investigation of heat transfer in fire heater tube of the gas unit of Tehran Refinery

### Ahad Abedini<sup>1\*</sup>, Ali Heydari<sup>1</sup>,

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran  
\* P.O.B. 35141-179 Semnan, Iran, ahad\_abedini@yahoo.com

### Abstract

One of the most fundamental problems in the furnace and fire heaters control and maintain the temperature of the tube in allowed range. In this study, heat transfer in tubes of Tehran refinery gas unit heater is investigated numerically. Simulation of combustion furnace has done by FIHR software and modeling of fluid flow is done by commercial Fluent soft war so that the surface temperature of the pipe is obtained. The results show that with increasing combustion air up to 15% can reduce the surface temperature of pipes. In addition, reducing the fluid flow rate to the amount foreseen in the design process as well as increasing combustion air temperature leads to the higher surface temperature of pipes.

### Keywords

fire Heater, exceed air, mass flow rate, combustion

همچنین از دیگر کارهای مهم صورت گرفته تخمین محل هایی است که در معرض گرمایش بیش از حد هستند. در این زمینه، آقایان رشید فرخی، بخشان و غفاری [۵] به شبیه سازی کوره واحد تثبیت مایعات گازی پالایشگاه گاز سرخون پرداختند و با استفاده از نرم افزار فلونت، شار حرارتی و توزیع دمای کوره را بدست آوردند.

در این پژوهش بر روی مشکل مربوط به فایر هیتر H-1852 پالایشگاه تهران کار شده است. موضوع در واقع بررسی علت بالا رفتن دمای سطح لوله های این کوره می باشد. شبیه سازی احتراق کوره از طریق نرم افزار FIHR و همچنین مدل سازی جریان داخل لوله ها بوسیله نرم افزار تجاری Fluent انجام شده است.

### ۲- تعریف مسأله

کوره H-1852 پالایشگاه تهران، کوره ای با محفظه احتراق استوانه ای شکل با قطر داخلی ۲۸۰۸ میلی متر و ارتفاع ۵۸۷۲ میلی متر می باشد. این کوره کاملاً از نوع تشعشعی و فاقد بخش جابجایی می باشد. ارتفاع قسمت مخروطی ۱۸۰۰ میلیمتر و قطر بیرونی و بالایی آن برابر ۱۱۱۰ میلیمتر می باشد. این کوره برای گرم کردن گازهای هیدروکربنی که در داخل لوله های

### ۱- مقدمه

بدون شک یکی از اساسی ترین مشکلات در کوره ها و فایر هیترها، کنترل و در حد مجاز نگه داشتن دمای سطح لوله ها می باشد. در زمینه انتقال حرارت در کوره ها تحقیقات وسیعی صورت گرفته است. سید شهاب الدین عظیمی و محمد حسین نمازی [۱] اثرات درصد هوای اضافه را در یک کوره با سوخت گاز طبیعی بررسی کرده اند. راندمان کوره ها یکی دیگر از مسائلی است که بسیار مورد توجه بوده است. در این زمینه میراسماعیل موسوی و زهرا ایزاکمهری [۲] بر روی موضوع راندمان یک کوره خاص تحقیقاتی انجام دادند و با ارائه یک مدل ریاضی به محاسبه بازده کوره ها پرداختند. با توجه به اهمیت موضوع احتراق کوره ها، محمد مقیمان و همکاران [۳] به بررسی اثر تابش و نوع سوخت در احتراق پرداختند و با شبیه سازی کوره با استفاده از مدل جریان توربولانسی RNG و مدل تابشی DO به بررسی دمای ماکزیمم انواع سوخت ها در محفظه احتراق کوره ها پرداختند. یکی از مواردی که باعث کاهش راندمان کوره ها می گردد، تشکیل رسوب در داخل لوله ها می باشد. در این زمینه مورالس و همکاران [۴] تحقیقاتی را انجام دادند. آنها همچنین به بررسی افت فشار سیال درون لوله ها بر اثر این پدیده پرداختند.

که در این معادله  $\bar{v}$  بردار سرعت،  $\bar{P}$  بردار فشار و  $\bar{F}$  بردار نیروی حجمی در واحد حجم است. همچنین  $\mu$  لزجت می باشد.  
معادله انرژی:

$$\rho C_p \frac{DT}{Dt} = \nabla \cdot (k \nabla T) + q''' + \beta T \frac{DP}{Dt} + \mu \phi \quad (3)$$

که در آن  $T$  دما،  $P$  بردار فشار،  $\rho$  چگالی،  $q'''$  تولید گرمای داخلی،  $\phi$  تابع انتقال لزجت است.

#### ۴- مدل سازی عددی

برای مدل سازی احتراق از نرم افزار FIHR استفاده شده است. با استفاده از روش کوره بلند داخل محفظه احتراق به ۱۰ ناحیه گازی تقسیم بندی شده است. در واقع شار حرارتی خالص روی سطح لوله ها در ۱۰ ناحیه تقسیم شده، بصورت ۱۰ عدد بدست آمده، سپس با استفاده از این ۱۰ عدد و با کمک روش نیوتونی در تقریب چند جمله ای ها یک تابع درجه ۹ به دست می آوریم که بخوبی کل دامنه را پوشش می دهد. تابع به دست آمده بعنوان یک UDF وارد نرم افزار فلونت می شود. از نرم افزار فلونت برای شبیه سازی جریان سیال داخل کویل لوله ها و در نهایت بدست آوردن دمای سطح لوله ها استفاده می شود. تابع بدست آمده بعنوان شرط مرزی شار حرارتی متغیر روی سطح لوله ها مورد استفاده قرار می گیرد.

شرایط مرزی مورد استفاده در فلونت عبارت از سرعت ورودی و فشار خروجی در ورود و خروجی لوله می باشد. الگوریتم حل معادلات جریان و انتقال حرارت سیمپل و مدل آشفتگی  $k-\epsilon$  استاندارد انتخاب شده است. گسسته سازی معادلات نیز عموماً مرتبه اول انتخاب شده است.

#### - نتایج

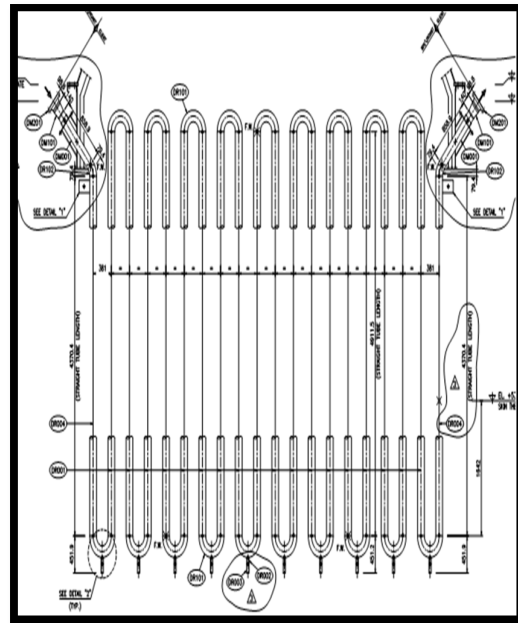
همانطور که ذکر شد پارامترهای مورد بررسی در این پژوهش عبارتند از درصد هوای اضافی، دبی جرمی سیال فرآیند و همچنین دمای هوای احتراق. دقت شود که هر بار و در مورد هر سه پارامتر مورد بررسی، زمانی که شرایط را تغییر می دهیم، یک تابع تقریبی جدید بدست می آید و در واقع شرط مرزی شار حرارتی متغیر، تغییر می کند.

#### ۵-۱- بررسی اثر درصد هوای اضافی

قبل از ارائه نتایج، بررسی صحت نتایج صورت می گیرد. به این ترتیب که در یک حالت خاص که اطلاعات تجربی موجود می باشد مقایسه نتایج انجام می گیرد.

داده های ورودی به نرم افزار FIHR بدین شرح می باشد.

محفظه احتراق جریان دارند، مورد استفاده قرار می گیرد. برای فراهم نمودن حرارت لازم برای گرم نمودن سیال داخل لوله ها از سه عدد مشعل استفاده شده که در کف محفظه احتراق قرار گرفته اند. مشعلها از نوع مکش طبیعی هستند و هوای لازم برای احتراق از طریق مکشی که توسط دودکش تامین می شود، در مشعلها اعمال می شود. سوخت این مشعلها گاز طبیعی می باشد. آرایش کویل لوله ها (شکل ۱) بدین صورت است که ۲۰ عدد لوله در یک مسیر آرایش یافته اند، سیال از یک طرف وارد و از طرف دیگر خارج می گردد. طول صاف لوله ها حدود ۴۹۱۲ میلی متر و فاصله هر لوله از لوله مجاور خود ۳۸۰ میلی متر است. سایز نامی لوله ها برابر ۵ اینچ و طبق جداول استاندارد لوله ها قطر بیرونی آنها برابر ۱۴۱/۳ میلیمتر و ضخامت آنها ۶/۵ میلی متر است. سطح حرارتی کلی حدود ۴۹ m<sup>2</sup> می باشد. لوله ها از جنس کربن استیل با مشخصات A 106 Gr.B می باشند.



شکل ۱ نقشه لوله ها

#### ۳- معادلات حاکم

با توجه به روش دینامیک سیالاتی، معادلات حاکم عبارتند از معادله پیوستگی، معادله ممنتوم و معادله انرژی:

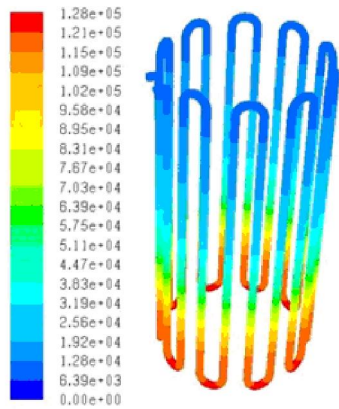
معادله پیوستگی:

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \nabla \cdot \vec{v} = 0 \quad (1)$$

که در این رابطه  $\rho$  چگالی،  $t$  زمان، و  $\bar{v}$  بردار سرعت می باشد.

معادله ممنتوم:

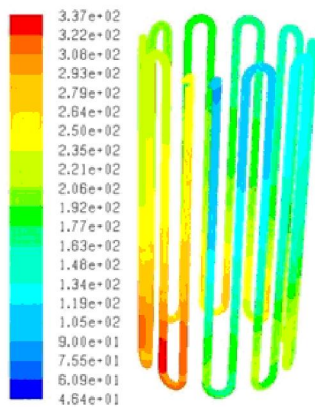
$$\rho \frac{D\vec{v}}{Dt} = -\nabla \bar{p} + \mu \nabla^2 \vec{v} + \bar{F} \quad (2)$$



شکل ۲ توزیع شار حرارتی (شکل رنگی است)

مشخص است که در قسمت های پایینی لوله ها که نزدیک شعله مشعل ها می باشد، دمای گازهای احتراق بالاست و شارحرارتی ماکزیمم خود را دارد. با توجه به محاسبات انجام شده دمای خروجی سیال حدود ۲۲۹ درجه سلسیوس است که در مقایسه با مقدار مبنای ۲۳۱ درجه سلسیوس که در اطلاعات فنی کوره آمده، نشان دهنده دقت قابل قبولی می باشد و به این لحاظ می توان اعتبار نرم افزار را تایید کرد.

شکل ۳ کانتور دمای سطح لوله ها را نشان می دهد. حداقل دما حدود ۸۳ درجه سلسیوس و حداکثر دما حدود ۳۳۰ درجه سلسیوس بدست آمده است. مشاهده می شود که دمای حداکثر در قسمت های پایین لوله های نوزدهم و بیستم رخ می دهد.



شکل ۳ توزیع دما در طول لوله ها (شکل رنگی است)

همچنین تغییرات دمای سطح لوله های نوزدهم و بیستم برحسب طول لوله در شکل ۴ نمایش داده شده است. کاملاً مشخص است که دمای سطح هر دو لوله در قسمت های پایین، بالاتر از قسمت های بالایی است.

جدول ۱ شرایط ورودی سیال فرآیند

دبی سیال ورودی	۱۶۲۸۰ kg/h
دمای سیال ورودی	۸۶ C <sup>0</sup>
فشار ورودی سیال	۴/۴ Bar
درصد هوای اضافی	۱۵٪
دمای ورودی سوخت	۳۸ C <sup>0</sup>
دمای هوای ورودی	۲۵ C <sup>0</sup>
دمای خروجی سیال فرآیند	۲۳۱ C <sup>0</sup>

اکنون با شبیه سازی احتراق شار حرارتی در نواحی مختلف محفظه احتراق به صورت جدول ۲ بدست آمده است.

جدول ۲ تغییرات شار حرارتی برای ۱۵٪ هوای اضافی

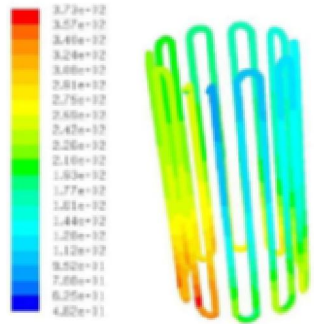
شماره زون	شار حرارتی (kw/m2)
۱	۱۲۸
۲	۱۰۶
۳	۷۳/۲
۴	۴۷/۳
۵	۳۲/۸
۶	۲۴
۷	۱۸/۳
۸	۱۴/۴
۹	۱۰/۵
۱۰	۱۱/۱

با استفاده از اعداد بدست آمده و با کمک روش نیوتون در تقریب چند جمله ای ها، یک تابع درجه ۹ مدل می کنیم که بیانگر تغییر شارحرارتی برحسب متغیر x (امتداد محور لوله ها) می باشد. محاسبات نشان می دهد تابع بدست آمده از دقت بسیار بالایی برخوردار است. تابع به کمک زبان برنامه نویسی C کدنویسی شده و از آن بعنوان یک UDF در نرم افزار فلوئنت استفاده می شود و ورودی های زیر را اعمال می کنیم.

سرعت ورودی جریان	۲۴/۳۵ m/s
UDF وارد شده به نرم افزار	شار حرارتی روی سطح لوله ها
دمای ورودی جریان	۸۶ C <sup>0</sup>

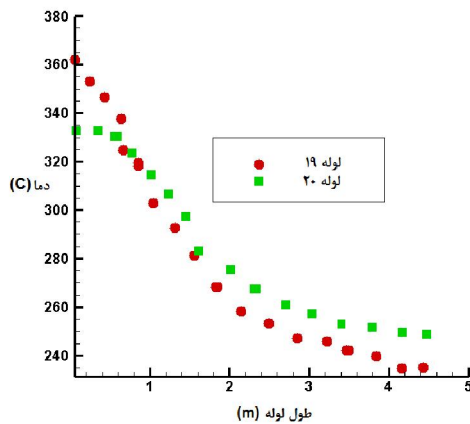
کانتور بخش شارحرارتی روی کویل لوله ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

کانتور دمای سطح لوله ها در شکل ۶ نشان داده شده. مشاهده می شود که دمای حداکثری با ۳۰ درجه افزایش به حدود ۳۶۰ درجه سانتی گراد رسیده است.



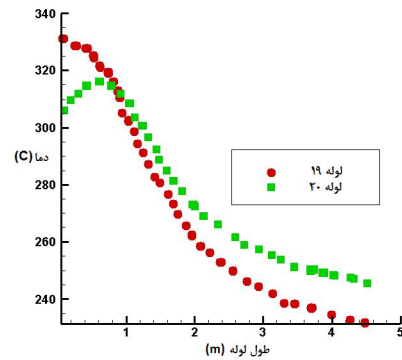
شکل ۶ توزیع دما در طول لوله ها (شکل رنگی است)

تغییرات دمای سطح لوله های نوزدهم و بیستم برحسب طول لوله در شکل ۷ نمایش داده شده است.



شکل ۷ توزیع دما در لوله های انتهایی

در حالت بعد درصد هوای اضافی را به ۵ درصد می رسانیم. با شبیه سازی احتراق، شار حرارتی در نواحی مختلف محفظه احتراق به صورت جدول ۴ بدست آمده است.



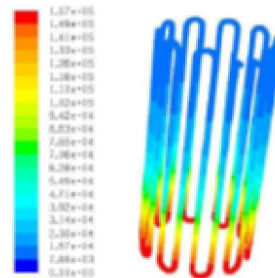
شکل ۴ توزیع دما در لوله های انتهایی

در حالت بعد درصد هوای اضافی را به صفر کاهش داده و پارامترهای دیگر را ثابت نگه می داریم. با شبیه سازی احتراق، شار حرارتی در نواحی مختلف محفظه احتراق به صورت جدول ۳ بدست آمده است.

جدول ۳ تغییرات شار حرارتی برای ۰٪ هوای اضافی

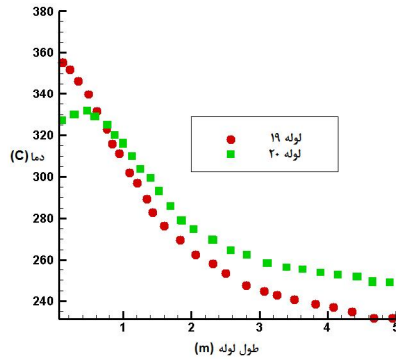
شماره زون	شار حرارتی (kw/m <sup>2</sup> )
۱	۱۵۷
۲	۱۱۱
۳	۶۹/۵
۴	۴۲/۵
۵	۲۸/۳
۶	۲۰/۱
۷	۱۵
۸	۱۱/۶
۹	۸/۴۷
۱۰	۸/۲۷

ورودی ها را مشابه قبل وارد می کنیم. کانتور شار حرارتی را در شکل ۵ مشاهده می کنید. نسبت به حالت قبل شار حرارتی ماکزیمم در قسمت پایین کویل افزایش یافته است.



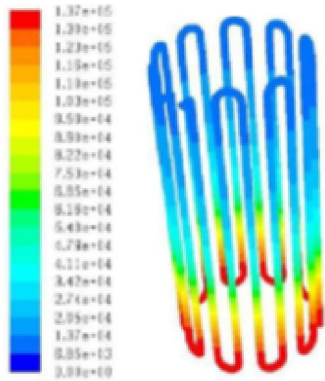
شکل ۵ توزیع شار حرارتی (شکل رنگی است)

جدول ۴ تغییرات شار حرارتی برای ۵٪ هوای اضافی



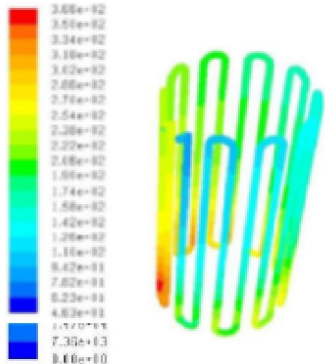
شکل ۱۰ توزیع دما در لوله های انتهایی

برای آزمایش حالت بعدی درصد هوای اضافه را به ۱۰ درصد فرض می شود. با شبیه سازی احتراق کانتور شار حرارتی روی سطح لوله ها را در شکل ۱۱ مشاهده می کنید.



شکل ۱۱ توزیع شار حرارتی (شکل رنگی است)

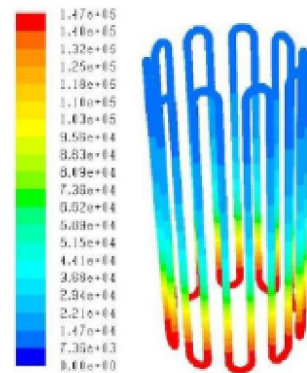
مشاهده می گردد که نسبت به حالت قبل شار حرارتی ماکزیمم در قسمت پایین کوئل لوله ها کاهش یافته است. کانتور دمای سطح در شکل ۱۲ نشان داده شده. مشاهده می شود که دمای حداکثری به حدود ۳۴۲ درجه سانتی گراد رسیده است.



شکل ۱۲ توزیع دما در طول لوله ها (شکل رنگی است)

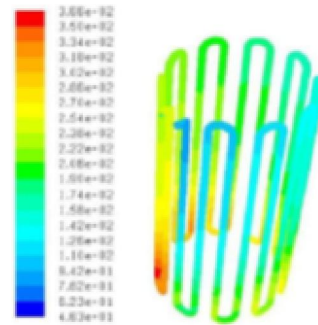
شماره زون	شار حرارتی (kw/m2)
۱	۱۴۷
۲	۱۱۰
۳	۷۰/۸
۴	۴۴/۱
۵	۲۹/۸
۶	۲۱/۴
۷	۱۶
۸	۱۲/۱۵
۹	۹/۱۲
۱۰	۹/۱۴

کانتور شار حرارتی را در شکل ۸ مشاهده می کنید.



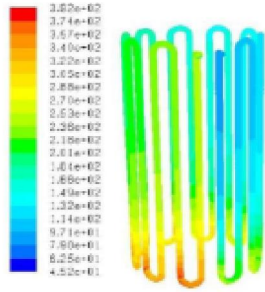
شکل ۸ توزیع شار حرارتی (شکل رنگی است)

مشخص است نسبت به حالتی که درصد هوای اضافی صفر است میانگین شار حرارتی در پایین کوئل لوله ها کاهش یافته است. کانتور دمای سطح لوله ها در شکل ۹ نشان داده شده. مشاهده می شود که دمای حداکثری به حدود ۳۵۲ درجه سانتی گراد رسیده است.



شکل ۹ توزیع دما در طول لوله ها (شکل رنگی است)

تغییرات دمای سطح لوله های نوزدهم و بیستم برحسب طول لوله در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.



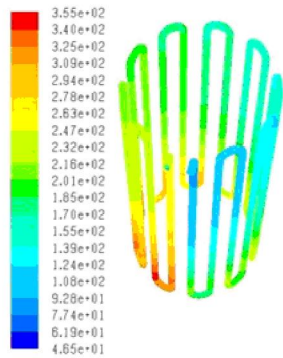
شکل ۱۳ توزیع دما در طول لوله ها (شکل رنگی است)

همانطور که در شکل مشخص است دمای حداکثری سطح لوله ها به نزدیکی ۳۸۳ درجه سلسیوس رسیده است.

پس از بررسی مقادیر مختلف دبی جرمی سیال فرایند مشخص گردید که همواره با کاهش دبی سیال فرایند نسبت به مقدار طراحی، ماکزیمم دمای سطح لوله ها افزایش می یابد.

### ۵-۳- بررسی اثر دمای هوای احتراق بر روی پارامترهای کوره

یکی از راه های صرفه جویی در مصرف انرژی و در نتیجه بالا بردن راندمان، افزایش دمای هوای احتراق می باشد. در موارد بررسی شده قبلی حالتی که دمای هوای ورودی ۲۵ درجه سلسیوس انتخاب شده بود. اکنون تغییرات دمای هوای احتراق را بررسی می کنیم. در این حالت ابتدا دمای هوای احتراق را به ۱۰۰ درجه سلسیوس می رسانیم. دقت شود که میزان هوای اضافی روی ۱۵٪ تنظیم می شود.



شکل ۱۴ توزیع دما در طول لوله ها (شکل رنگی است)

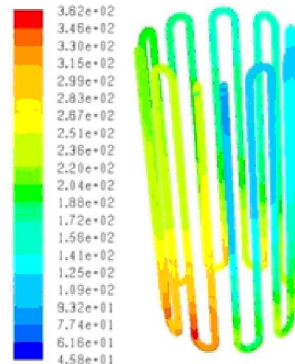
همان طور در شکل ۱۴ دیده می شود دمای حداقلی سطح حدود ۸۵ درجه سلسیوس و دمای ماکزیمم سطح در حدود ۳۴۵ درجه سلسیوس بدست می آید.

در نمودار شکل ۱۵، تغییرات دمای ماکزیمم سطح لوله ها بر حسب دمای هوای احتراق نشان داده شده است. با افزایش دمای هوای ورودی دمای ماکزیمم سطوح نیز روند افزایشی خواهد داشت.

پس از مدل سازی جریان برای مقادیر مختلف درصد هوای اضافی (۲۰-۰) و مقایسه ماکزیمم مقدار دمای سطح لوله، مشخص گردید که در حالتی که درصد هوای اضافی روی ۱۵٪ تنظیم گردد دمای ماکزیمم سطح لوله کمترین مقدار ممکن معادل با ۳۳۰ درجه سانتی گراد به دست می آید.

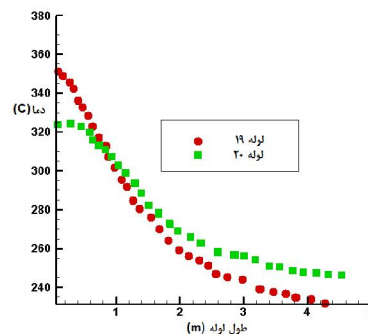
### ۵-۲- بررسی اثر دبی جرمی سیال فرآیند، بر روی پارامترهای کوره

در این قسمت میزان دبی جرمی سیال فرآیند را که در حالت های قبل برابر ۱۶۲۸۰ (Kg/h) بود به ۱۴۱۲۰ (kg/h) کاهش می دهیم. مقایسه ای را بین این دو حالت انجام می دهیم. دقت شود که میزان هوای اضافی روی ۱۵٪ تنظیم گردیده که ثابت می ماند و پس از انجام شبیه سازی احتراق، شار حرارتی در نواحی مختلف محفظه احتراق به دست آمده و چند جمله ای لازم جهت تخمین شار حرارتی استخراج می گردد. کانتور دمای سطح لوله ها در این حالت در شکل ۱۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱۱ توزیع دما در طول لوله ها (شکل رنگی است)

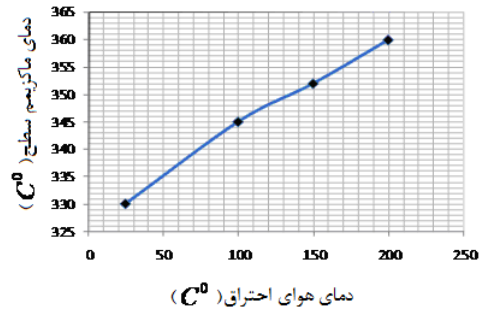
همانطور که در شکل مشخص است و نسبت به حالت قبل دمای حداکثری سطح لوله ها حدود ۲۲ درجه سلسیوس افزایش یافته و به نزدیکی ۳۵۲ درجه سلسیوس رسیده است. تغییرات دمای سطح لوله های نوزدهم و بیستم در این شرایط در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲ توزیع دما در لوله های انتهایی

برای آزمایش حالت بعد دبی جرمی را به ۱۰۰۰۰ (kg/h) کاهش می دهیم. کانتور دمای سطح لوله ها در این حالت در شکل ۱۳ نمایش داده شده است.

- [12] W. F. Merkel, W. M. Jones, R. G. Klimo, *HVAC adjustment module*, US Patent No. 8493008, 2013.  
 [13] J. Davids, D. Smith, *Analysis of constant-velocity joints under high torque*, HMSO, London, pp. 1-8, 1996.



شکل ۱۵ توزیع دما در لوله های انتهایی

#### ۵- نتیجه گیری و جمع بندی

انتقال حرارت در لوله های فایر هیتر واحد بنزین سازی پالایشگاه تهران به صورت عددی بررسی گردید. شبیه سازی احتراق کوره از طریق نرم افزار FIHR و همچنین مدل سازی جریان داخل لوله ها بوسیله نرم افزار فلونت انجام شده است و بدین ترتیب دمای سطح تمامی لوله ها بدست آمده است. پس از تحلیل عددی جریان نتایج زیر استخراج گردید.

(۱) دمای ماکزیمم سطح لوله ها با افزایش میزان هوای اضافی کاهش پیدا می کند که کمترین حالت آن در ۱۵٪ هوای اضافی رخ می دهد، و میزان آن در حدود ۳۳۰ درجه سلسیوس است.

(۲) با کاهش دبی جرمی سیال فرآیند نسبت به مقدار طراحی آن، گرچه مصرف سوخت نیز کاهش می یابد، اما مشخص شد که ماکزیمم دمای سطح لوله افزایش می یابد.

(۳) افزایش دمای هوای احتراق، سبب افزایش دمای سطح لوله ها می گردد.

#### ۶- مراجع

- [1] A. Farshidianfar, M. Shafipour, M. Sabbagh Sabzevar, Analysis of Nonlinear Vibrations of Impact Dampers in Boats, *Journal of Vibration and Mechanical Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 7-14, 2011. (In Persian)  
 [2] S. G. Tuttle, S. Chaudhuri, K. M. Kopp-Vaughan, T. R. Jensen, B. M. Cetegen, M. W. Renfro, J. M. Cohen, Lean blowoff behavior of asymmetrically-fueled bluff body-stabilized flames, *Combustion and Flame*, Vol. 160, No. 9, pp. 1677-1692, 2013.  
 [3] M. Maerefat, A. Omidvar, Thermal Comfort, pp. 15-21, Tehran: Kelid Amoozesh, 2008. (In Persian)  
 [4] T. Itoh, *Numerical Techniques for Microwave and Millimeter and Millimeter-Wave Passive Structures*, Second Edition, pp. 305-320, New York: Wiley, 1989.  
 [5] M. Kaviany, *Heat transfer in porous media*, in: W. M. Rohsenow, J. P. Hartnett, Y. I. Cho (Eds.), *Handbook of Heat Transfer*, pp. 9.32-9.43, New York: McGraw-Hill, 1998.  
 [6] H. J. Amlashi, H. Shokouhmand, B. Kamkari, Experimental study of charging process in thermal energy storage system using phase change material, in *The 4th International Conference on Heating, Ventilating and Air Conditioning*, Tehran, Iran, 2012. (In Persian)  
 [7] V. P. Carey, Modeling of microscale transport in multiphase systems, in *Proceeding of The Eleventh Heat Transfer Conference*, Philadelphia: Taylor & Francis, pp. 23-40, 1998.  
 [8] A. Zolfaghari, *Modification of standard thermal comfort models by using the frequency thermal analysis of the human body*, PhD Thesis, Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, 2010. (In Persian)  
 [9] L. Jonas, *Hydrodynamic limit of lattice Boltzmann equations*, PhD Thesis, University of Genève, Genève, 2007.  
 [10] S. F. Hassell, *Stress Analysis in Pressure Vessels*, Accessed 8 September 2009; <http://www.shieldco.com/tutorial/24>.  
 [11] *Methods of gas consumption reduction in residential and commercial buildings*, Accessed 20 July 2013; <http://www.ifco.ir/building/ConservationHints/Intro.asp>. (In Persian)