شبیه‌سازی عددی بفل پلیت‌های باله‌های دفلکتور مشعل‌های داکت برنر

آرش طراوتی[1]، امین شیشه گر[2]، مرتضی حسین‌زاده[3]، قدیر اسماعیلی[4]،

1- کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات آیت الله آملی، معاون والو و بویلر تعمیرات مکانیک نیروگاه سیکل ترکیبی نکا arashtaravatie@gmail.com

2- کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات آیت الله آملی، amin.shishegar.mech@gmail.com

3- استادیار دانشکده مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات آیت الله آملی، m.hosseinzadeh@iauamol.ac.ir

4- استادیار دانشکده مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات آیت الله آملی، qesmaili@iauamol.ac.ir

Archive of SID

کلید واژه:

شبیه سازی عددی – بویلر بازیاب – داکت برنر – بافل پلیت – مشعل – باله های هدایت کننده

چکیده:

بافل پلیت‌ها و باله‌های دفلکتور بویلر بازیاب جزء قسمت‌های اصلی داکت برنر بویلر بازیاب به حساب می‌آیند و وضعیت آن برای تیم‌های تعمیرات اهمیت زیادی دارد. در شرایط گوناگون در تولید نیروی برق، ما شاهد آسیب‌های گوناگون روی باله دفلکتور داکت برنر هستیم. اطلاعات و داده‌های ما بر اساس اطلاعات و تست فرم‌های تعمیرات نیروگاه شهید سلیمی نکا تهیه و تنظیم گردیده است.در طول سال‌های اخیر باله‌های فوقانی داکت برنر دچار سوختگی و فرسایش بیشتری نسبت به باله‌های زیرین گردیده است، که از نظر اقتصادی و راندمان نیروگاهی مناسب نیست. این پروژه تلاش داشته تا با تغییر در فاصله بین بافل پلیت و باله دفلکتور تاثیر مثبت و مناسبی روی کاهش سوختگی و از بین رفتن باله‌ها داشته باشد. بنابراین گاز داغ(خروجی توربین گاز) که از اطراف باله‌های دفلکتور می‌گذرند و جریان گاز و احتراق صورت گرفته در این ناحیه توسط نرم افزار فلوئنت شبیه سازی شده است. در کار حاضر، توسط مدل 2بعدی و با استفاده از مدل احتراق Non-premixed Combustion و مدل PDF و نیز استفاده از مدل جریان آشفته و مدل P-1 برای تشعشع در نرم افزار فلوئنت و بکارگیری مش مثلثی بدون ساختار، جریان گاز در ناحیه مشعل و اطراف آن مورد مطالعه قرار گرفته است. برای اثر دیوار از تابع دیوار استاندارد استفاده شده است. برای حل کردن ترکیب فشار – سرعت از شبکه جابجا شده (Segregated) و الگوریتم Simple

www.SID.ir

استفاده شده است. همچنین برای گسسته سازی معادلات، روش حجم محدود و طرح اختلاف بالادست بکار برده شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که کاهش فاصله میان باله دفلکتور و بافل پلیت باعث افزایش سرعت در ناحیه بالای دفلکتور شده، که این امر جلو رفتن شعله و کاهش سوختگی در لبه بالایی می‌گردد.

1- مقدمه

در نیروگاههای سیکل‌ترکیبی بدون مشعل، کارکرد بخش بخار وابستگی کامل به کارکرد توربین‌گاز دارد. در مواردی که نیاز به کارکرد دائمی بخش بخار وجود دارد با تعبیه مشعل در بویلر، به گونه‌ای که در صورت توقف بخش گاز، کارکرد قسمت بخار با اشکال مواجه نگردد ، عملکرد مستقل این دو بخش تامین می شود و بدین ترتیب، این نوع نیروگاههای سیکل ترکیبی شکل گرفته اند. در سیکل‌های ترکیبی، گاز داغ حاصل از احتراق پس از عبور از توربین گاز وارد بویلر بازیاب می‌شود و حرارت خود را توسط مبدلهای حرارتی به آب داخل بویلر می‌دهد. از بخار یا آب گرم تولید شده برای تولید برق در توربین بخار و یا مصارف فرایندی در واحدهای گوناگون استفاده می‌شود[1]. در سالهای گذشته به دفعات متعدد بویلرهای بازیاب و به خصوص مشعل های بویلر بازیاب و اثر آنها روی عملکرد بویلر بازیاب مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته اند. از جمله سوابق مربوطه عبارتند از:

کاتالانو و همکاران با استفاده از کد عددی به تجزیه و تحلیل عددی گسترده برای شبیه سازی عملکرد یک پس سوز استاندارد و بررسی تنظیمات جدید بر روی آن پرداخته اند. آنها مشاهده کردند که مشکل ثبات شعله در هنگام حضور گاز خروجی از دودکش بسیار بیشتر از هنگامی است که هوای خالص حضور دارد و همچنین هنگامی که شرایط عملیاتی به مینیمم مقدار خود می‌رسد، دمای دیواره نگهدارنده شعله بسیار بالا می‌رود[2]. خلیلی و همکاران به تجزیه و تحلیل هیدرودینامیکی رفتار گاز در داخل دودکش بویلر بازیاب پرداخته‌اند. آنها برای جلوگیری از مشکلات مخرب در بویلر بازیاب و غیریکنواختی جریان در بالادست آن، تغییرات خاصی از جمله نصب یک دستگاه اصلاح جریان[1] در مجرای ورودی، ایجاد شیب زیاد و دو برابر کردن مجرای ورودی ارائه داده‌اند و همچنین، به بررسی کوتاه شدن طول مجرای ورودی بویلر بازیاب و از بین بردن اثر گردابه‌های توربین‌گاز برروی سرعت پروفایل در مجرای ورودی نیز پرداخته‌اند[3]. شین و همکاران به شبیه‌سازی و مطالعه تجربی به منظور تجزیه و تحلیل الگوهای جریان و در نهایت پیدا کردن جایگزین‌های مناسب برای جریان یکنواخت در ناحیه گذار[2] بویلر بازیاب عمودی پرداخته‌اند. آنها در شبیه‌سازی انجام شده به بررسی خصوصیات و یکنواختی جریان در منطقه گذار از یک بویلر بازیاب عمودی پرداخته و برای درک الگوهای جریان در مجرای متصل بین خروجی توربین‌گاز و ورودی بویلر بازیاب و ارزیابی کمی غیریکنواختی جریان، تست تونل جریان باد سرد انجام داده‌اند. پیشنهادهای مختلفی برای کاهش غیریکنواختی جریان داده شده از جمله تغییر شکل ورودی مجرا، نصب قطعه اصلاح جریان مانند پره راهنما و صفحه متخلخل، که ارزیابی شده اند و از بین آنها بهترین عملکرد برای یکنواختی جریان را صفحه متخلخل از خود نشان داد[4]. کاتالانو و همکاران در مقاله خود داکت برنرهای مجهز به فن[3] در نیروگاه‌های سیکل‌ترکیبی و نیز اثر تغییرات دما و ترکیبات سوخت استفاده شده در تنش‌های حرارتی وارده بر مشعل را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها برای تحلیل جریان در این سیستم از کد CFD استفاده کرده‌اند[5]. پترون و همکاران به بررسی و تجزیه و تحلیل عکس‌العمل جریان در داکت‌برنرهای صنعتی در بویلربازیاب پرداخته‌اند. از نتایج آنها به نظر می رسد که ترکیبات سوخت اثر محسوسی روی پس سوز[4] ندارد و نیز اینکه با افزایش جریان جرمی واکنشگرها، به طور جدی ثبات شعله را به خطر می‌اندازد[6].

---

[1] **FCD**
[2] **transition**
[3] **Post-Firing**
[4] **after-Burner**

Archive of SID

www.SID.ir

2- شرح مسئله

نیروگاه سیکل‌ترکیبی نکا دارای بویلر بازیاب افقی می‌باشد و مشعل های مورد استفاده در داکت برنر از نوع گرد بوده و احتراق در آن بصورت غیرپیش‌آمیخته[1] می‌باشد. باله‌های دفلکتور مشعل داکت برنر سیکل ترکیبی در نیروگاههای جدید از مشکلات اصلی تیمهای تعمیرات و نگهداری واحد بشمار می‌روند، چرا که میزان سوختگی آنها در مقابل تغییرات بار واحد و مدت زمان آن تاثیر مستقیمی روی عمر باقیمانده مشعل و منحنی احتراق و نهایتا بخار تولیدی بویلر و مگاوات مورد نیاز واحد سیکل‌ترکیبی دارد. براساس تحقیقات انجام شده در مجموعه بویلر بازیاب این نیروگاه اطلاعاتی در مورد خرابی و استهلاک زودتر از موعد در مشعل‌های داکت‌برنر بدست آمده است. این مشعل‌ها طی دوره های مشخصی در فاصلهٔ چند ماه مورد بازدید قرار گرفته و در صورت نیاز مرمت یا تعویض می‌گردند. براساس تحقیقات صورت گرفته، این مشعل‌ها زودتر از زمان مشخص شده آسیب می‌بینند. این مشعل‌ها به مرور زمان و با توجه به تماس مستقیم با شعلهٔ با دمای 1500 تا 2000 درجه سانتیگراد، دچار خوردگی می‌شوند، ولی مشکل اصلی اینجاست که لبه‌های بالایی بیشتر از لبه‌های پایینی و نیز زودتر دچار خوردگی می‌شوند، که این مورد هم از نظر راندمان کاری و هم از نظر اقتصادی مشکلاتی را ایجاد می‌نماید. بی‌شک استفاده و در مدار آمدن مشعلهای داکت‌برنر تاثیر بسزایی در جبران افت حرارت و آنتروپی گاز داغ خروجی از واحدهای گازی و تولید بخار با حرارت بالاتر و خشک‌تر جهت تولید کار در توربین بخار سیکل‌ترکیبی را دارد. در این مقاله سعی شده است تا با ایجاد تغییرات مناسب در فاصله بافل پلیتهای مشعل داکت برنر از میزان سوختگی لبه های بالای آن کاسته و شکل شعله تشکیل شده را بصورت سودمندی اصلاح کنیم.. در این کار بوسیله نرم افزار فلوئنت جریان گاز داخل داکت برنر (خروجی توربین گاز) که از این مشعل‌ها عبور می‌کند و احتراق صورت گرفته در این ناحیه شبیه‌سازی شده است.

3- روش شبیه‌سازی

برای شبیه سازی ابتدا مدل مورد نظر توسط نرم افزار گمبیت آماده شده و سپس در نرم افزار فلوئنت عملیات شبیه‌سازی صورت گرفته است. مدل دو بعدی در تمامی محاسبات عددی بکار گرفته شده است. با توجه به پیچیدگی هندسه دامنه فیزیکی مسئله توسط مش مثلثی بدون ساختار دیسکرتایز شده است. نظر به اینکه جریان حاوی منحنی‌های خط جریان پایداری از جمله گردابه‌ها و ناحیه‌های جدایش لایه مرزی می‌باشد، مدل RNG $k-\varepsilon$ برای مدل آشفتگی انتخاب شده است. به علت غیرپیش‌آمیخته بودن شعله در روند شبیه‌سازی از مدل Non-premixed Combustion استفاده شده و برای تشعشع مدل P-1 بکار برده شده است. مدلی که برای سیستم واکنش شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته شده، مدل کسر اختلاط/PDF می‌باشد. در این روش معادلات انتقال برای کسر اختلاط و انحراف آن بجای معادلات گونه‌های شیمیایی حل شده است. برای اثر دیوار نیز از تابع دیوار استاندارد استفاده شده است. مشخصات جنس قطعه مانند چگالی و گرمای ویژه نیز پس از بررسی آنالیز مواد قطعه و تعیین آنها، وارد شده‌اند. برای مرزهای سیستم، شرایط مرزی مناسب قرارده داده شده است. چنانکه برای ورودی سوخت و هوا شرط مرزی سرعت ورودی[2]، برای مرز خروجی از شرط فشار خروجی[3] و برای دیواره‌ها از شرط مرزی دیواره[4] استفاده شده است. با توجه به معادلات تشریح شده در این بخش، برای حل کردن ترکیب فشار–سرعت از شبکه

[1] **non-premixed**
[2] **Velocity-inlet**
[3] **Pressure-outlet**
[4] **Wall**

Archive of SID

www.SID.ir

جابجاشده[1] و الگوریتم Simple استفاده شده است[7]. همچنین برای گسسته سازی معادلات، روش حجم محدود[2] و طرح اختلاف بالادست[3] بکار برده شده است.

3-1- فرضیات شبیه سازی

برای کاهش روند محاسباتی ساده‌سازی هایی صورت گرفته است، که اثری بر صحت حل جریان ندارد: اثرات نیروی شناوری نادیده گرفته شده است؛ تغییرات فشار خیلی ناچیز می‌باشد، به همین دلیل جریان تراکم ناپذیر فرض شده است؛ برای مدل نزدیک دیواره از تابع دیوار استفاده شده و تبادل گرما بین گاز و محیط اطراف محفظه نادیده گرفته شده است.

4- شبیه‌سازی و نتایج

فضای مورد نظر در نیروگاه برای انجام شبیه‌سازی، ناحیهٔ بعد از توربین‌گاز می‌باشد. این ناحیه شامل داکت برای جریان گاز بوده که ردیف‌هایی از مشعل در مسیر جریان گاز قرار داشته و با پاشش سوخت از طریق لوله‌های تعبیه شده در پشت مشعل‌ها، احتراق صورت می‌گیرد. در کناره های مشعل بافل پلیت هایی جهت جلوگیری از فرار گازهای خروجی توربین از اطرف مشعل تعبیه شده است.

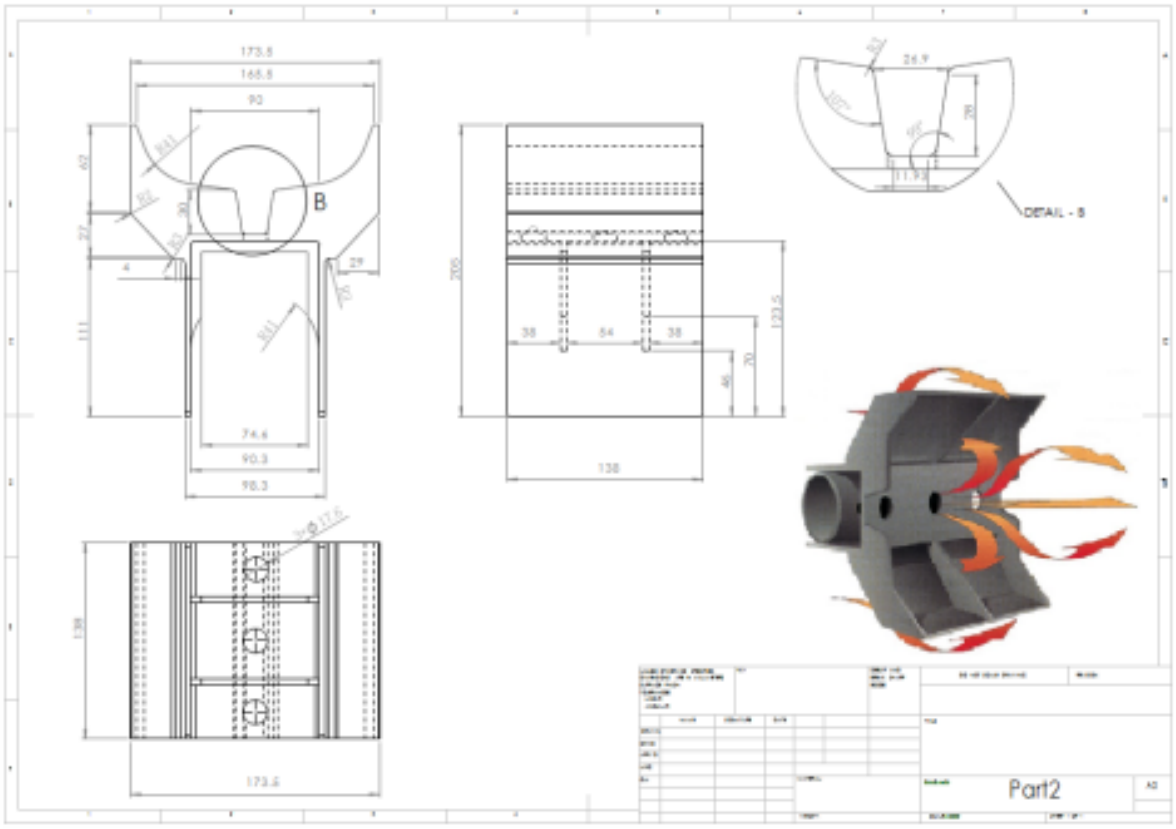
4-1- هندسه مدل

در شکل(1) نقشهٔ کامل مشعل نشان داده شده است.

Archive of SID

[1] **Segregated**
[2] **Finite Volume**
[3] **Upwind**

www.SID.ir

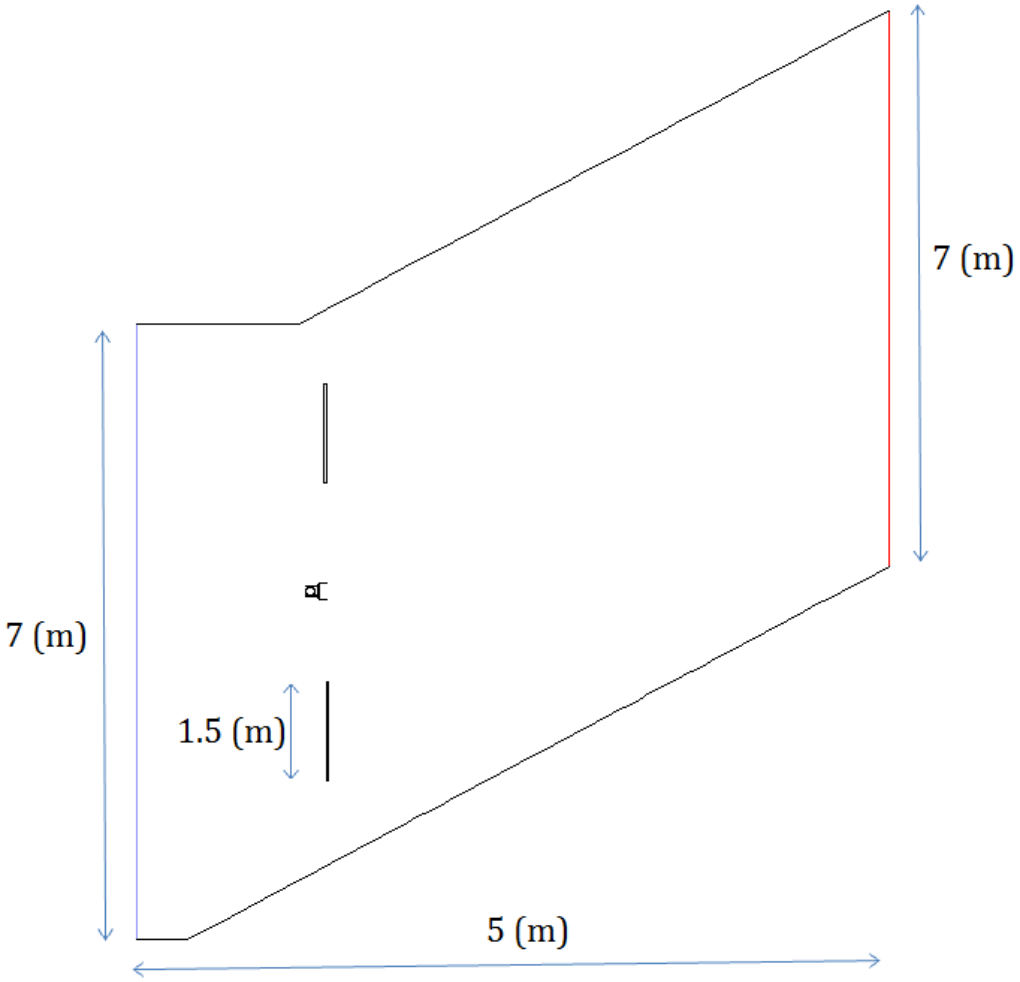


شکل (1) نقشه مشعل

برای انجام شبیه‌سازی، یک مشعل از ردیف اول(پایینی) و فضای اطراف آن به صورت دو بعدی مورد نظر قرار گرفته و مدل‌سازی شده است. با توجه به شیب داکت در ناحیهٔ بعد از مشعل‌ها، قسمت جلوی مشعل نیز در مدل به صورت شیب دار در نظر گرفته شده است. شرایط مرزی بکار رفته در مدل شبیه سازی شده عبارتند از: ورودی گاز خروجی توربین گاز، وردی سوخت، خروجی گاز داغ شده، بدنهٔ مشعل، بافل پلیت ها، کناره‌های سیستم و لولهٔ پاش سوخت که در شکل(2) نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

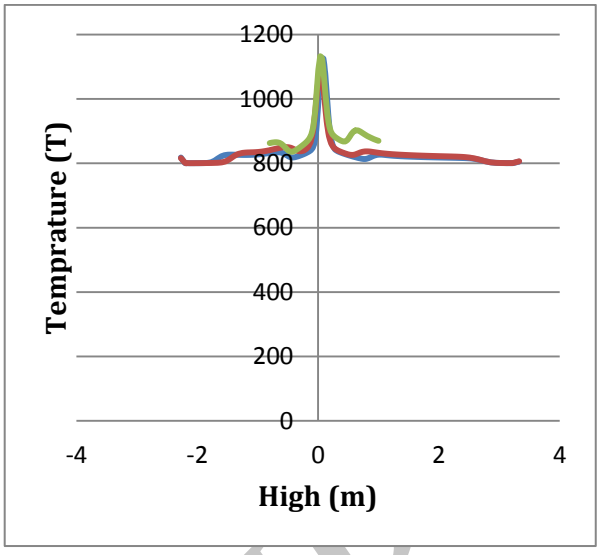


شکل (2) مدل دو بعدی شبیه سازی شده

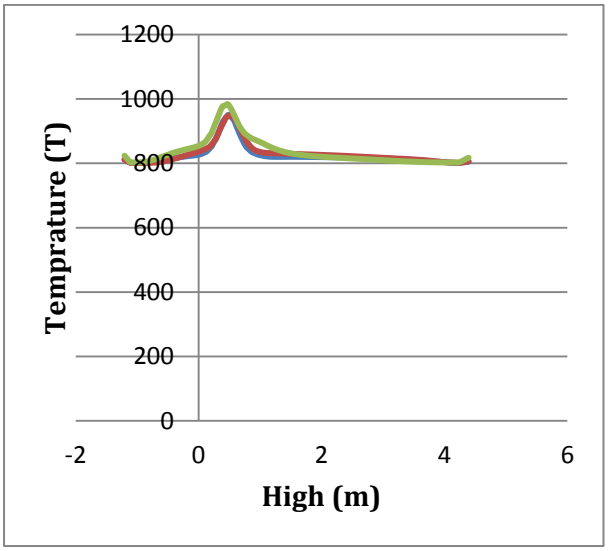
4-2- استقلال از شبکه

برای مبحث استقلال از شبکه، مدل مورد چهار بار مش زده شده و شبیه سازی صورت گرفته و نتایج مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شبکه اول با تعداد 45000 سلول است و سپس شبکه ریز شد که تعداد سلول‌ها به 77800 و مرحله دیگر به 102000 سلول رسید و نتایج دما و سرعت در موقعیت $x=1m$ و $x=3m$ با هم مقایسه شد، که در شکل‌های 4-5 تا 4-8 نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که تغییرات دما و سرعت در نمودارها با ریزتر شدن شبکه بسیار کمتر شده است. شایان ذکر است ریزتر شدن شبکه از این حالت شاید بهبودی در حل ایجاد نماید، ولی نظر به نارسایی کامپیوترها، این مسئله برای نگارنده مقدور نیست. البته در همین حد هم اختلاف اعداد در حد قابل قبولی است.

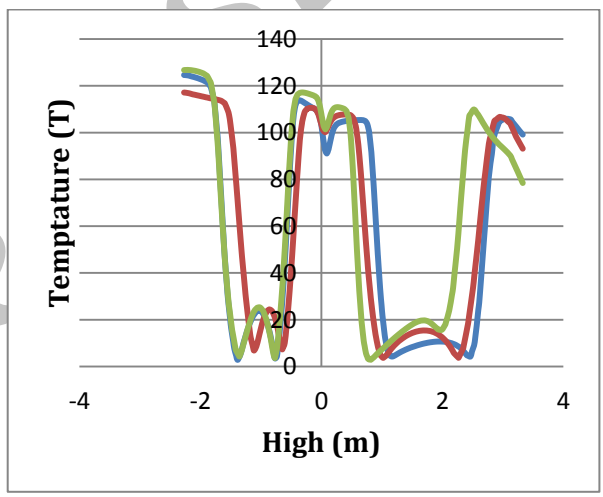
www.SID.ir



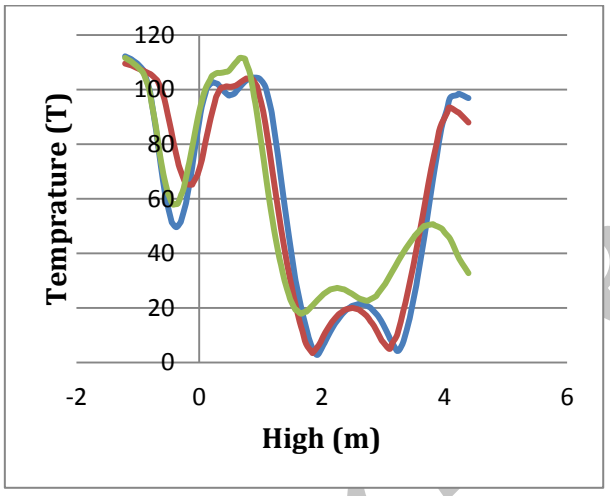
شکل (3) نمودار دما در x=1m در چهار شبکه



شکل(4) نمودار دما در x=3m در چهار شبکه



شکل (5) نمودار سرعت در x=1m در چهار شبکه



شکل (6) نمودار سرعت در x=3m در چهار شبکه

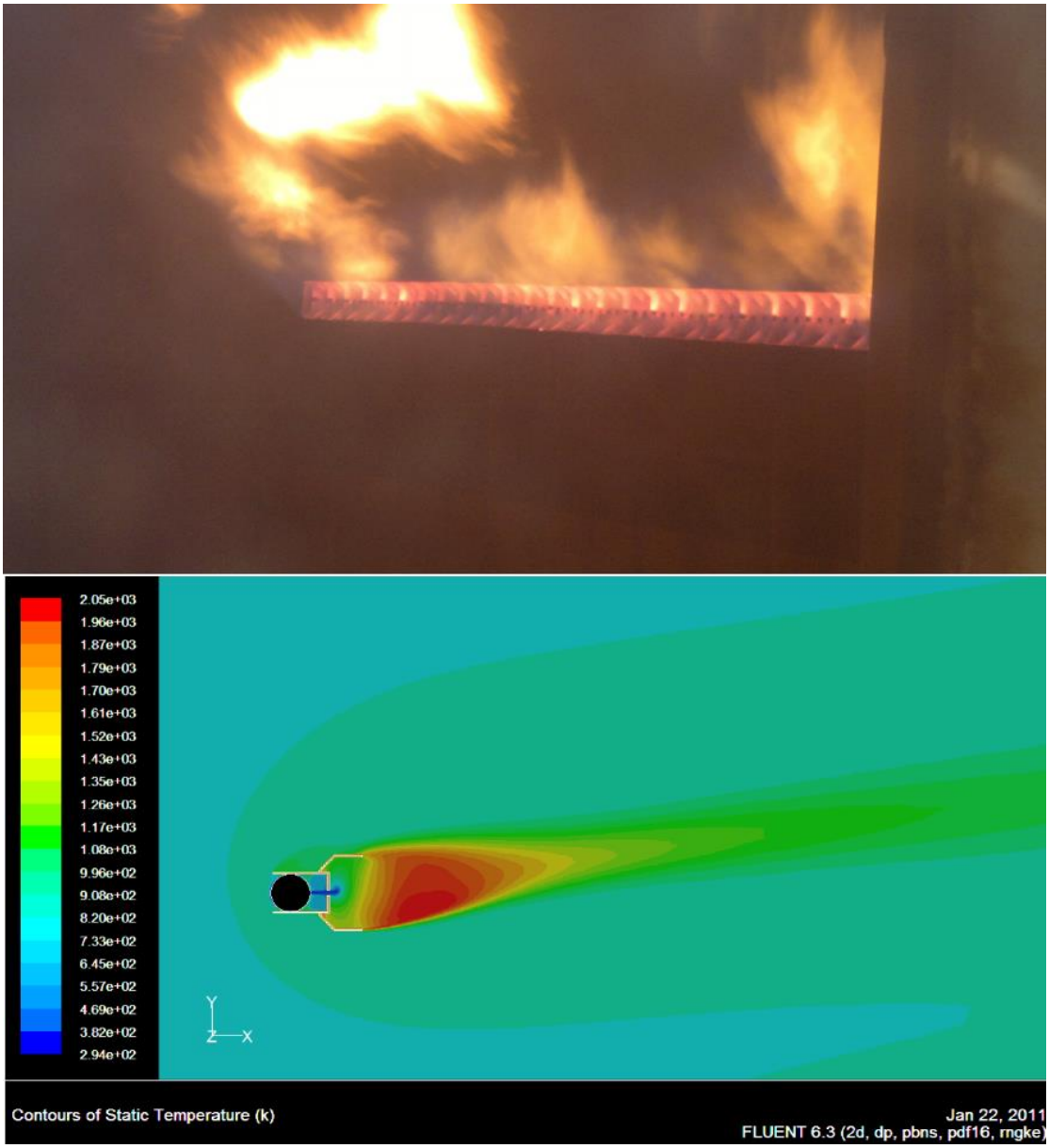
مقادیر ورودی برای گاز خروجی توربین‌گاز و سوخت مورد استفاده برای احتراق در جدول(1) نشان داده شده است.

جدول (1) مقادیر ورودی به محفظه برای سوخت و TEG

ورودی	اندازه ورودی (m)	سرعت ورودی (m/s)	دما (K)
TEG	7	42/23	800
سوخت گازی	0/01	7/635	294

www.SID.ir

در ابتدا سیستم فعلی موجود در نیروگاه شهید سلیمی نکا شبیه‌سازی شده است. حالت عملیاتی داکت برنر در این نیروگاه و شبیه‌سازی صورت گرفته در شکل(7) ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، گاز ورودی به این سیستم با توجه به شیب داکت، به سمت بالا منحرف شده و در نتیجه بر روی فرایند احتراق و شعلهٔ تشکیل شده تأثیر گذاشته و آن را به سمت بالا منحرف می‌کند. بدین ترتیب ناحیهٔ داغ و شعله به بالهٔ بالایی مشعل نزدیک‌تر بوده و در طی مدتی باعث سوختگی و خرابی بیشتر در این قسمت از مشعل می‌شود.



شکل (7) شبیه سازی احتراق داکت برنر نیروگاه شهید سلیمی نکا

با توجه به مشکلات بیان شده و همانطور که در ابتدای این بخش ذکر شد، راهکاری برای رفع این مشکل مبنی بر تغییر فاصله بافل تا مشعل پیشنهاد شد که با افزایش طول بافل پلیت فاصله میان مشعل و بافل پلیت کاهش یابد.

www.SID.ir

4-3- اعتبار سنجی شبیه سازی

در این پروژه از مقدار دمای واقعی موجود در صفحه DCS در نیروگاه شهید سلیمی نکا به عنوان صحه گذاری استفاده می‌گردد. دمای خروجی بدست آمده در شبیه سازی برابر 831 K بوده و دمای خروجی بدست آمده در نیروگاه نکا 850 K می‌باشد. با توجه به خطای 0/022، این خطا قابل قبول بوده و شبیه‌سازی انجام گرفته مورد تایید می‌باشد. مقادیر دمای خروجی نیروگاه شهید سلیمی و نیز دمای خروجی بدست آمده توسط شبیه‌سازی در جدول(2) ارائه شده است.

جدول(2) مقادیر دمای خروجی از داکت برنر نیروگاه و محفظه شبیه‌سازی

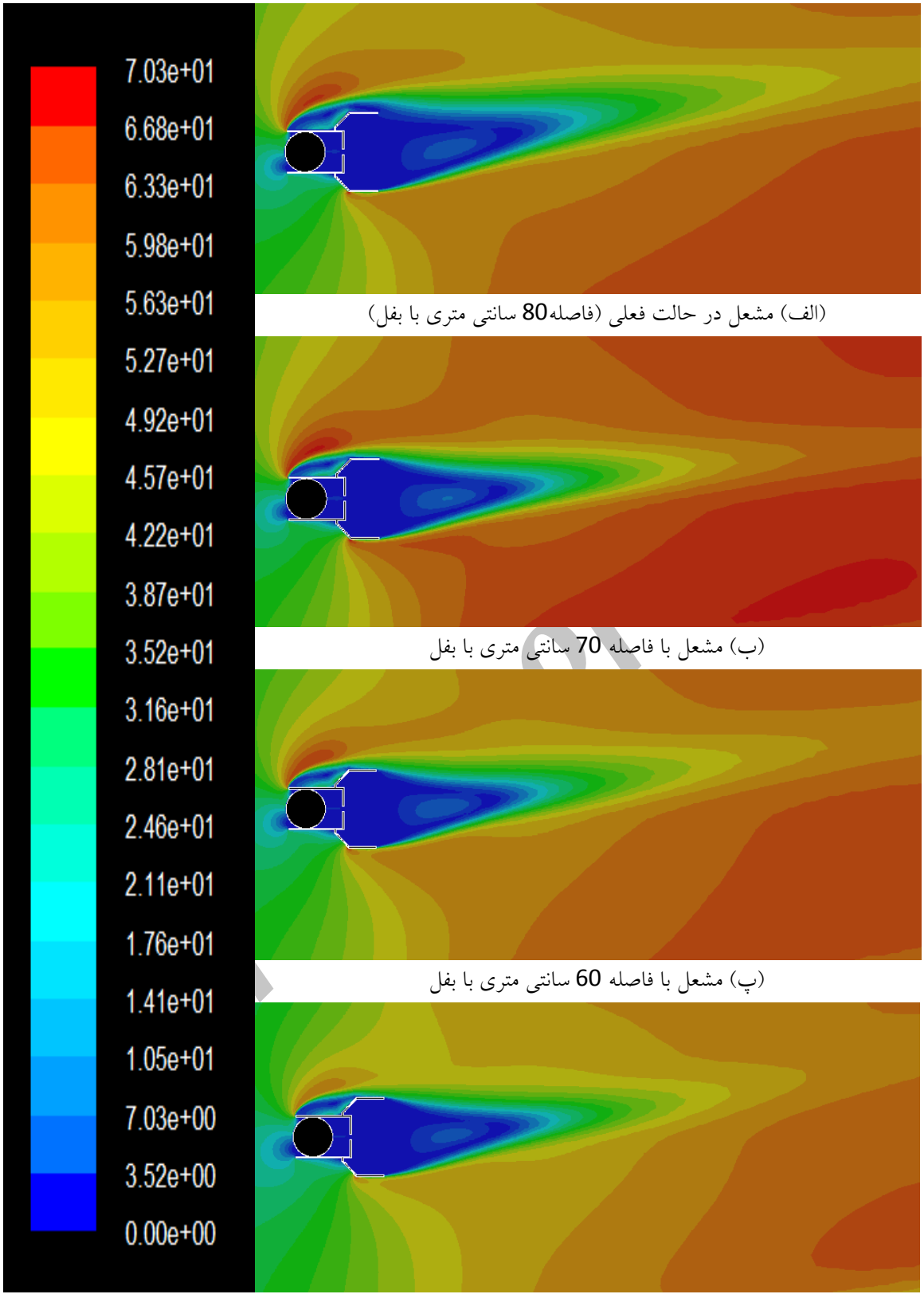
	دما خروجی از داکت برنر (K)
نیروگاه شهید سلیمی	850
شبیه سازی	865

4-4- بررسی سرعت

با تغییر فاصله بافل پلیت تا باله بالایی مشعل، سرعت در این ناحیه تغییر می‌کند. به این صورت که با نزدیک کردن بفل به بالهٔ بالایی سرعت در این ناحیه افزایش می‌یابد. همچنین این تغییرات باعث افزایش سرعت در خروجی می گردد. با مقایسه کانتور سرعت در شکل(8) و نتایج خروجی در جدول(3) این امر قابل مشاهده است.

Archive of SID

www.SID.ir



(الف) مشعل در حالت فعلی (فاصله80 سانتی متری با بفل)

(ب) مشعل با فاصله 70 سانتی متری با بفل

(پ) مشعل با فاصله 60 سانتی متری با بفل

(ت) مشعل با فاصله 50 سانتی متری با بفل

شکل(8) کانتور سرعت برای مدل مشعل بدون تغییر و پس از کاستن فاصله

www.SID.ir

حالت (الف) برای مشعل با مشخصه حالت عادی میباشد و در این حالت فاصله بافل تا باله بالایی به میزان 80 سانتیمتر یعنی اندازه کارخانه‌ای می باشد. حالت (ب) اولین تغییر رخ داده که فاصله به 70 سانتیمتر تغییر داده شده است. همانگونه که در شکل(8) مشخص است شرایط تا حدود زیادی بهبود پیدا کرده است.در ادامه در حالت (پ) این فاصله به 60 سانتیمتر و نهایتا در حالت (ت) به مقدار 50 سانتی‌متر تغییر داده شده است. همانطور توسط کانتورهای سرعت مشاهده می‌شود، هنگامی‌که بافل مشعل تغییری نداشته باشد، در ناحیه نزدیک دیوارهٔ بالای مشعل سرعت خیلی کم می‌باشد (ناحیه آبی رنگ بالای مشعل)، به این معنی که سرعت گاز در این ناحیه کم بوده و باعث تشکیل شعله در ناحیه نزدیک‌تر به لبه بالایی مشعل می‌شود. در مدل‌های دیگر که به ترتیب (ب)، (پ) و (ت) نامگذاری شده است هرکدام به میزان 10 سانتی‌متر تغییر داشته و به طول بافل فوقانی افزوده شده است. نتایج بدست آمده توسط بردارها و کانتورهای سرعت نشان می‌دهد که با افزایش طول بافل پلیت و کاستن فاصله بین آن تا لبه باله های فوقانی، سرعت گاز در ناحیهٔ بالای مشعل افزایش پیدا کرده و باعث می‌شود که عملیات احتراق و در نهایت تشکیل شعله در ناحیه دورتری انجام شده و به مشعل و بخصوص به لبهٔ بالای آن آسیب کمتری وارد شود. همچنین همانطور که در جدول(3) نشان داده شده است، سرعت در خروجی افزایش پیدا می‌کند.

جدول(3) سرعت خروجی از محفظه برای چهار مدل

مشخصه	مدل (الف)	مدل (ب)	مدل (پ)	مدل (ت)
Mass-Weighted Average Velocity Magnitude (m/s)	58.57474	59.12747	64.4227	69.4262

4-5- بررسی دما

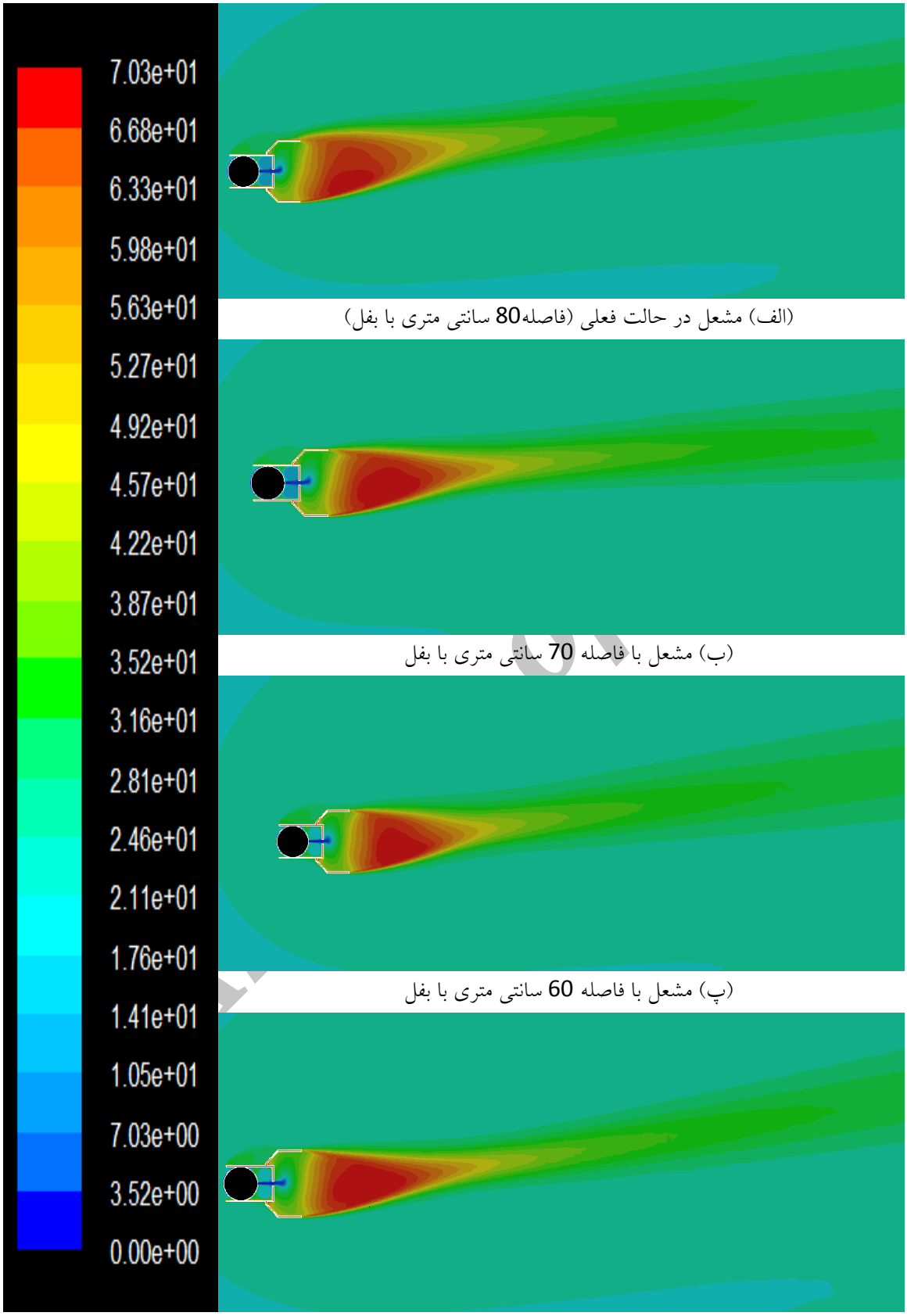
پخش دما در اطراف مشعل موضوع مهمی است که در این بخش به آن پرداخته شده است. در شکل(9) دما برای چهار مدل شبیه سازی شده نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، در مدل (الف) که مدل فعلی نیروگاه نکا می باشد، به دلیل فاصله 80 سانتی‌متری بافل پلیت با لبه بالایی مشعل و همانگونه که در بخش 4-4-1 توضیح داده شده که سرعت در ناحیه بالای مشعل خیلی کم می‌باشد، در این ناحیه شعله نزدیک به لبهٔ بالایی مشعل تشکیل می‌شود. در مدل‌های بعد مشاهده می شود که با تغییر فاصله میزان سرعت در ناحیه بالای مشعل بیش تر شده و درنهایت در پروفایل (ت) یعنی فاصله 50 سانتی‌متری بفل با مشعل، سرعت در این ناحیه زیاد شده و فرایند احتراق و تشکیل شعله در ناحیهٔ دورتری از مشعل صورت می‌گیرد. تولید پروفایل یکنواخت در جلوی مشعل و عدم انحراف مشعل به سمت باله‌ها باعث عدم سوختگی و عمر بالاتری از آن می گردد. بررسی‌های بیشتر دما در ناحیهٔ مورد نظر نشان می‌دهد که دما در خروجی محفظه بیش‌تر شده، که این نشان‌دهندهٔ احتراق مفیدتر و بازده حرارتی بالاتر برای بویلر بازیاب می‌باشد. این نتایج در جدول(4) ارائه شده‌اند. توجیهی که برای افزایش دما در خروجی به کار می‌رود، این است که با تغییر فاصله میان بافل پلیت و باله فوقانی، ، پروفایل دمای یکنواخت در جهت جریان گاز تشکیل شده و درنتیجه باعث افزایش دمای خروجی می‌شود. بسته به کاربرد گازهای ناشی از احتراق، این افزایش دما می‌تواند مفید یا غیرمفید باشد. که با توجه به اینکه بالا رفتن دما باعث افزایش راندمان بویلر بازیاب می‌شود، در نتیجه این تغییرات جنبهٔ مثبت پیدا می‌کند.

جدول(4) دمای خروجی از محفظه برای چهار مدل

مشخصه	مدل (الف)	مدل (ب)	مدل (پ)	مدل (ت)
دمای متوسط (K)	831.02	831.1	846.3	842.90

Archive of SID

www.SID.ir



(الف) مشعل در حالت فعلی (فاصله80 سانتی متری با بفل)

(ب) مشعل با فاصله 70 سانتی متری با بفل

(پ) مشعل با فاصله 60 سانتی متری با بفل

(ت) مشعل با فاصله 50 سانتی متری با بفل

شکل(9) کانتور دما برای مدل مشعل بدون تغییر و پس از کاستن فاصله

www.SID.ir

4-6- بررسی متان خروجی از محفظه احتراق

خروج متان (و گونه های دیگری از سوخت) از محفظه احتراق از دو نظر مناسب نمی‌باشد:

۱. نشان بررسی دهندهٔ احتراق ناقص می‌باشد.
۲. از لحاظ اقتصادی خروج متان از محفظه احتراق باعث ضرر مالی می‌شود.

در این قسمت برای سه حالت انجام شده، خروج متان را مورد بررسی قرار می‌دهیم و پروفایل آنها را مشاهده می‌کنیم. نتایج بدست آمده برای تمامی مدل‌ها درجدول(5) ارائه شده است. در این نتایج مشاهده می‌شود که متان در خروجی وجود ندارد، به این معنی که احتراق کامل صورت گرفته است و تغییر فاصله بافل تا مشعل در فرایند ایجاد احتراق کامل خدشه ای وارد نمی‌کند.

جدول(5) میزان متان خروجی از محفظه برای مدل مشعل افقی و فاصله دار

مشخصه	مشعل افقی	مشعل یا فاصله 50 سانتیمتر	مشعل با فاصله 80 سانتیمتر
Mass-Weighted Average fraction of ch4 Mass	0	0	0

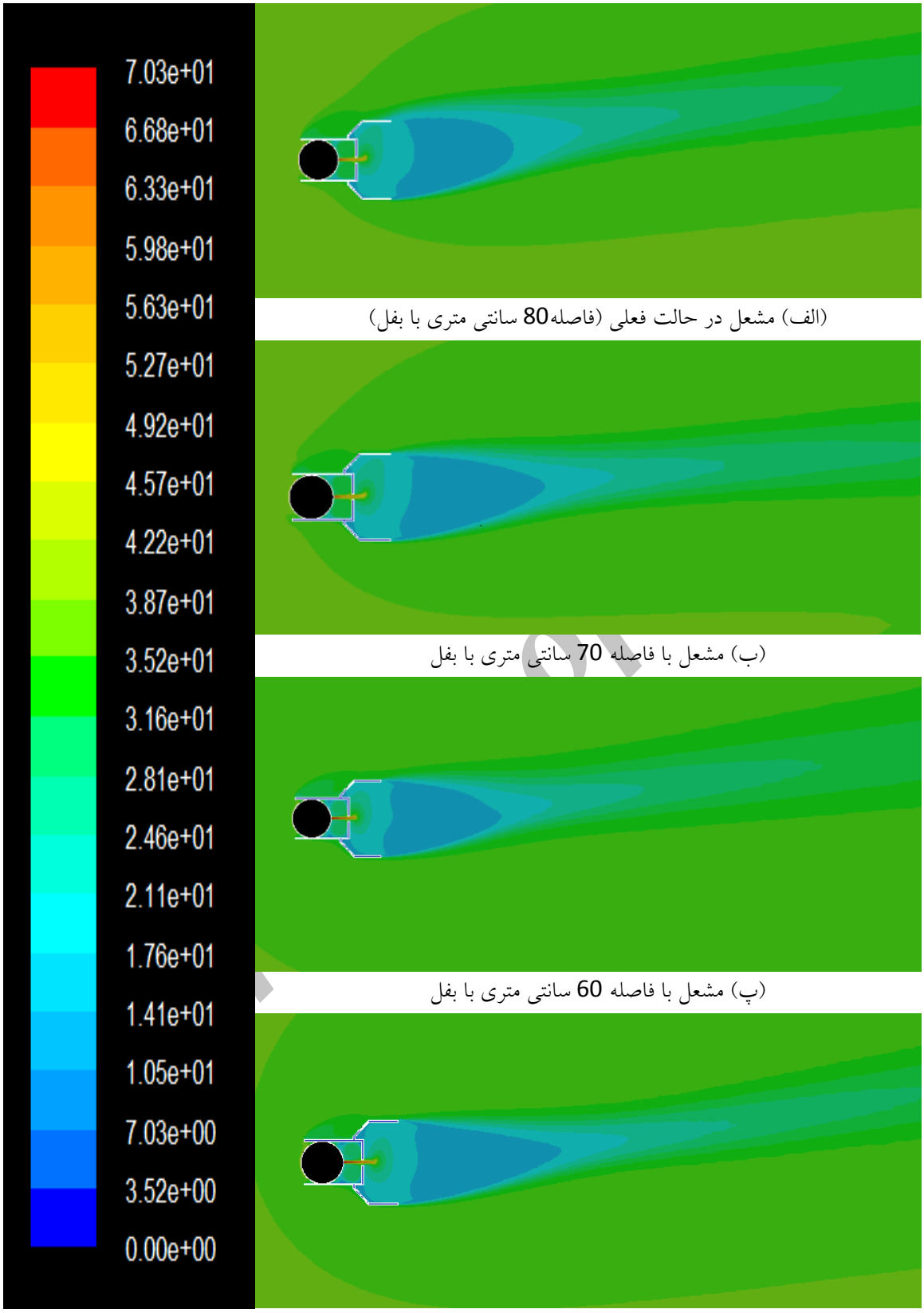
4-7- بررسی غلطت

در این قسمت پخش غلظت را در ناحیهٔ اطراف مشعل بخصوص در ناحیهٔ بالای آن بررسی می‌کنیم. نتایج بدست آمده در این بخش توسط کانتور غلظت[1] نشان داده شده است. همانطور که در شکل(10) مشاهده می‌گردد، در حالت (الف) غلظت گازهای موجود در ناحیه بالای مشعل بیش‌تر می‌باشد. با تغییر فاصله بافل مشاهده می‌شود که پخش غلظت بصورت یکنواخت‌تر شده و از لبهٔ بالای مشعل فاصله می‌گیرد. که این تغییرات تا حالت (ت) که فاصله 50 سانتی متری با مشعل داره، باعث می‌شود که کانتور غلظت شکل بهتر و یکنواخت‌تری به خود بگیرد.

[1] Density

Archive of SID

www.SID.ir



(الف) مشعل در حالت فعلی (فاصله80 سانتی متری با بفل)

(ب) مشعل با فاصله 70 سانتی متری با بفل

(پ) مشعل با فاصله 60 سانتی متری با بفل

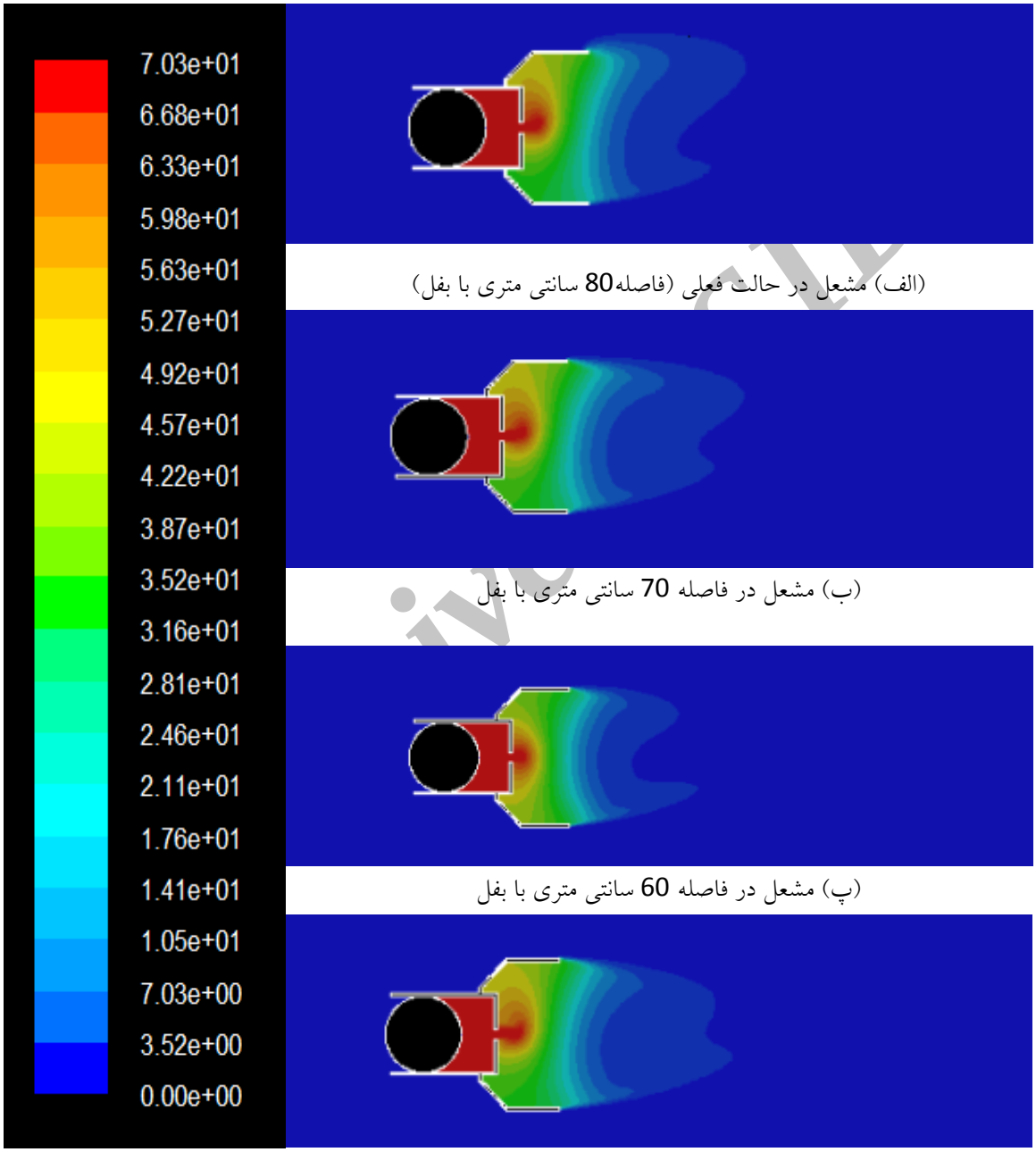
(ت) مشعل با فاصله 50 سانتی متری با بفل

شکل(10) کانتور غلظت برای مدل مشعل بدون تغییر و پس از کاستن فاصله

www.SID.ir

4-8- بررسی کسر اختلاط

کسر اختلاط در چهار مدل مورد بررسی قرار گرفته و کانتور آنها رسم شده است. همانطور در شکل(11) مشاهده می‌شود، در مدل (الف) بدلیل اینکه میزان کسر اختلاط در بالهٔ بالایی مشعل بیشتر است، در نتیجه واکنشهای شیمیایی بیشتری در این ناحیه صورت می‌گیرد. که با کم کردن فاصله در مدل های (ب) و (پ) و (ت) مشاهده می شود که میزان کسر اختلاط که نشان دهندهٔ میزان سوخت می باشد، در اطراف بالهٔ بالایی کم شده و واکنشهای شیمیایی در این ناحیه کاهش می یابد.



(الف) مشعل در حالت فعلی (فاصله80 سانتی متری با بفل)

(ب) مشعل در فاصله 70 سانتی متری با بفل

(پ) مشعل در فاصله 60 سانتی متری با بفل

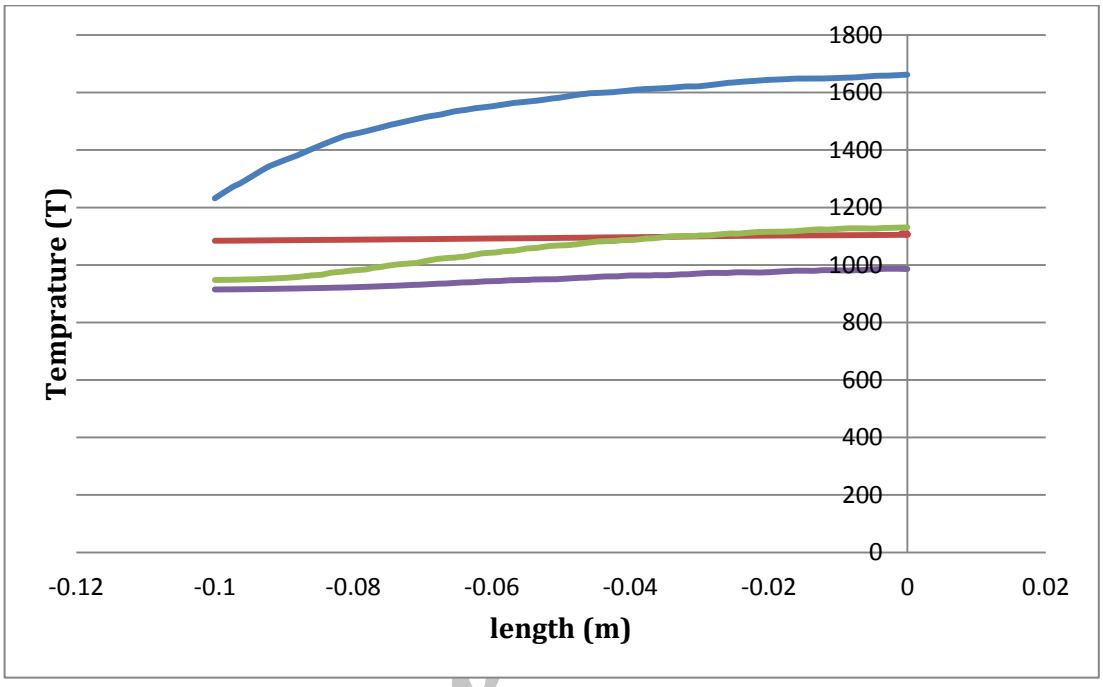
(ت) مشعل در فاصله 50 سانتی متری با بفل

شکل(11) کانتور کسر اختلاط برای مدل مشعل بدون تغییر و پس از کاستن فاصله

www.SID.ir

4-4-7- بررسی دما در یک برش طولی

در این بخش دمای ناحیه بالای باله دفلکتور مشعل در چهار مدل توسط شکل(12) نشان داده شده است.



شکل(12) تغییرات دما در ناحیه بالای مشعل برای 4 مدل

همانطور که مشاهده می‌شود، نزدیک شدن بفل به مشعل باعث کاهش دما در ناحیه بالای دفلکتور مشعل می‌شود. این بدین معناست که کاهش فاصله بفل با بالهٔ بالای مشعل که باعث افزایش سرعت در ناحیه می‌شود، می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش دمای بالای مشعل داشته و مانع خرابی و خوردگی زودرس باله مشعل شود.

5- نتیجه گیری

به علت شیب‌دار بودن داکت، افقی بودن مشعل باعث تولید آشفتگی بیشتر در نزدیکی بالهٔ بالایی مشعل و نیز نزدیک شدن پروفایل دما به این ناحیه می‌شود، که این موارد باعث خرابی بیشتر در این قسمت از مشعل می‌شود. یکی از راهکارهایی که در جهت برطرف کردن این مشکل می توان ارائه داد، افزایشطول بافل بالایی و کاهش فاصله تا مشعل می‌باشد. با توجه به شیب 28 درجه داکت، مشعل در فواصل 70،80، 60 و 50 تا بافل فوقانی قرار داده شد و بررسی‌های مورد نیاز صورت گرفت که نتیجه آن به شرح زیر می‌باشد:

- یکنواخت شدن پروفایل دما در ناحیه بعد از مشعل، که این مورد در مشعل با فاصله 50 سانتیمتر به صورت بهتر می‌باشد؛

Archive

www.SID.ir

- افزایش دمای خروجی، که این امر باعث افزایش راندمان بدون تغییر در شرایط مرزی (سرعت و فشار ورودی گاز و TEG) می‌گردد؛
- کاهش آشفتگی جریان در ناحیه اطراف مشعل و خروجی محفظه، که با توجه به اینکه احتراق به صورت کامل انجام می‌گیرد، اثر مثبتی بر هدایت جریان و ناحیه بعد از این محفظه خواهد داشت؛
- افزایش ناچیز سرعت در خروجی محفظه که باعث تخلیه سریعتر گاز در این ناحیه می‌شود؛
- یکنواخت شدن پراکندگی کسر اختلاط گاز در ناحیه جلوی مشعل؛
- تشکیل احتراق کامل و عدم وجود گاز(سوخت) نسوخته در خروجی محفظه؛

6- پیشنهادات

شبیه سازی عددی فرایند احتراق در بویلر بازیاب به علت گستردگی کاربرد گازهای ناشی از احتراق، از پتانسیل تحقیقاتی بالایی برخوردار می‌باشد. به عنوان مثال می‌توان به موارد زیر برای کارهای آتی پیش روی این مسئله اشاره نمود:

- ❖ استفاده از مشعل های با هندسه‌های مختلف با توجه به نوع شعله و نیز مشخصات جریان گاز؛
- ❖ تحقیق در بهینه کردن سوخت و جهت تزریق سوخت با توجه به جهت جریان؛
- ❖ شبیه سازی کارکرد بفل های یکنواخت کنندهٔ جریان و تغییر هندسه آنها برای تغییر جهت جریان در مسیر دلخواه؛
- ❖ شبیه سازی جریان گاز داغ در کل مجموعه؛

7- فهرست مراجع و مأخذ

[1]. شریفی، حسین، بویلرهای بازیاب حرارتی، چاپ اول، انتشارات پندار پارس، 1390

[2]. Catalano LA, Dadone A, Mandoro D, Saponaro A. Development and optimization of high-performing duct-burners for combined-cycle plants. Dipartment di Ingegneria Meccanica e Gestionale, Politecnino di Bari, Bari, Italy.

[3]. Khalili param H, Moghari M, Sharifi H, Karami M, Niknahad P. Hydrodynamic analysis Of flue gas flow behavior within a heat recovery steam generator. MAPNA Company.

[4] .Shin H, Kim D, Ahn H, Choi S, Myoung G. Investigation of the flow pattern in a complex inlet duct of a heat recovery steam generator. Energy and Power 2012, 2(1): 1-8.

[5]. Catalano LA, Dadone A, Saponaro A. Ansaldo post-firing system for combined cycle plants. 31st Meeting on Combustion.

[6]. Petrone G, Cammarata G, Caggia S, Anastasi M. Reacting flows in industrial duct burners of a heat recovery steam generator. Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Conference Hannover. 2008.

[7]. ورستیگ، مالالاسکرا. مقدمه ای بر دینامیک سیالات محاسباتی. ترجمه شجاعی فرد م ح، نورپور هشترودی ع ر. تهران. دانشگاه علم و صنعت. 1379.

Archive of SID

www.SID.ir