Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

شبیه سازی توأمان راکتور گازی سازی و سیکل بخار نیروگاه زباله سوز تهران

میلاد بنائی [۱]

غلامرضا صالحی [۲*]

Rezasalehi20@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۱۴ تاریخ پذیرش:۹۷/۱۰/۲۶

چکیده

زمینه و هدف: هدف این مقاله، شبیه‌سازی توأمان راکتور گازی‌ساز و سیکل بخار نیروگاه زباله‌سوز تهران، به منظور دستیابی و شناسایی پارامترهای تأثیرگذار بر راندمان و توان خروجی نیروگاه می‌باشد. اطلاعات بدست آمده از طریق این شبیه‌سازی علاوه بر اینکه می‌تواند جهت افزایش بهره‌وری و راندمان نیروگاه زباله‌سوز تهران مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند به عنوان اطلاعاتی ارزشمند در سایر نیروگاه‌های زباله‌سوز در دست اجرای کشور نیز به کار گرفته شود.

روش بررسی: به کمک اطلاعات بدست آمده از نمودار فرآیند جریانی و شرایط عملکردی نیروگاه زباله سوز تهران و آنالیز موجود از ترکیب زباله های شهر تهران، شبیه سازی توأمان بخش گازی‌سازی و سیکل بخار این نیروگاه توسط نرم افزار Aspen plus صورت پذیرفت. گام به گام نتایج حاصل از شبیه سازی با شرایط عملکردی نیروگاه و اطلاعات تجربی به‌دست آمده از از فرآیند گازی سازی در مقالات پایه مورد صحت‌سنجی قرار گرفت.

یافته ها: توان تولیدی نیروگاه به میزان زیادی تحت تاثیر میزان رطوبت زباله های ورودی و همچنین نوع زباله‌های ورودی است. در صورتی که بتوان میزان رطوبت پسماند ورودی به نیروگاه را حداقل به میزان ۱۰٪ کاهش داد، توان خروجی نیروگاه به میزان حدود ۳۰ % افزایش خواهد یافت. همچنین بررسی های صورت پذیرفته نشان می‌دهد افزایش میزان چوب و زباله های سبز در ترکیب زباله های ورودی به نیروگاه سبب کاهش راندمان و توان تولیدی نیروگاه می شود.

بحث و نتیجه گیری: شبیه سازی صورت پذیرفته نشان می دهد، درصد بالای ترکیبات دارای چوب و زباله های سبز در پسماند ورودی سبب کاهش توان خروجی نیروگاه می شود. لذا اجرای تمهیدات لازم در خصوص کاهش میزان رطوبت زباله های ورودی و همچنین دستیابی به ترکیبی دارای کمترین میزان چوب و زباله های سبز موجب بهره وری و افزایش توان خروجی نیروگاه می شود.

واژه های کلیدی: پسماند شهری، راکتور گازی‌ساز ، گازی‌سازی، توان خروجی، شبیه سازی.

۱- کارشناسی ارشد تبدیل انرژی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.5, July, 2020

Simultaneous Simulation of Gasification Reactor and Steam Cycle of Tehran's Waste Incineration Power Plant

Milad Banaei [1]
Gholamreza Salehi [2*]
Rezasalehi20@gmail.com

Admission Date:January 16, 2019 Date Received: August 5, 2018

Abstract

Background and Objective: The purpose of this paper is simulationg of gasification and steam cycle of Tehran waste power plant in order to achieve and identify the parameters affecting the efficiency and output of power plant. The information obtained through this simulation, in addition to being used to increase the productivity and efficiency of Tehran power plant, can be used as valuable information in other waste power plants of the country should also be employed.

Method: By considering the obtained data from Process Flow Diagram, actual operation condition of this plant, the analyses of Tehran's urban waste and using Aspen plus software as the simulating and modeling tool. The developed simulation model has been validated by using actual operating condition of the plant and also the experimental results of the verified papers.

Findings: The result shows that the moisture content and the composition of the inlet MSW have significant impact on the output power of this plant. The findings indicate that a 10% reduction in the moisture content of inlet MSW cause an increase of 30% in output power. Also, by increasing the wood and the green waste in the combination of inlet MSW, the output power will be reduced.

Discussion and Conclusion: Generally, MSW has low thermal value due to its high percentage of biological ingredients. Therefore, identifying the factors which are affecting the efficiency and power output of the power plant is essential and important. In this regard, the simulation shows that the high percentage of wood-containing compounds and green waste in the input waste will reduce the output power of this plant. As a result, implementing necessary measures to reduce the amount of moisture content of incoming waste as well as achieving the combination with the least amount of wood and green waste will increase the efficiency and the output power of this plant.

Key words: Municipal Solid Waste, Gasification Reactor, Gasification, Output Power, Simulation.

1- M.Sc., Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran
2-Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran Iran
*(Corresponding Author)

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با توجه به افزایش روز افزون میزان زباله های تولید شده در جوامع شهری ایجاد نگرشی نو به زباله های تولید شده به عنوان مواد خام سوختی قابل احتراق امری بسیار حیاتی و مهم به نظر می رسد(۱). گازی سازی را می توان به عنوان فرایند تبدیل سوخت های متشکل از کربن به محصولات گازی شامل گازهای سنتزها که دارای ارزش حرارتی بالا می‌باشند، تعریف کرد. در صورتی که در فرایند احتراق گاز تولید شده ارزش حرارتی خیلی کمتری دارد. گاز حاصل از راکتورهای گازساز، گاز سنتز نامیده می شود. اغلب ترکیبات سازنده گازهای سنتز عبارتند از: مونواکسیدکربن، گاز هیدروژن، متان، دی‌اکسیدکربن، آمونیاک و سولفید هیدروژن(۲). عوامل موثر بر ترکیب گازهای سنتز تولید شده در فرایند گازی سازی عبارتند از دمای گازی سازی، عامل اکسید کننده، نوع راکتور گازی و ترکیبات مواد اولیه. برای نمونه از مواد اولیه مختلفی به عنوان سوخت بیومس برای فرایند گازی سازی می توان استفاده نمود که گازهای سنتز حاصل از هر یک دارای ترکیب متفاوتی می باشد. زباله های جامد شهری(MSW[1])، پوسته برنج، گردو و غبار، فضولات حیوانی، لجن فاضلاب شهری، پسماند بیمارستان ها و غیره از این جمله می باشند(۲). همچنین ارزش حرارتی پایین، گازهای سنتز تولید شده نیز تابعی از نوع اکسیدان مورد استفاده می باشد(۳). یکی از نرمافزارهایی که تا به حال برای شبیه سازی سیکل زباله سوز استفاده شده است نرمافزار Aspen Plus است که در مراجع مختلفی استفاده شده است(۴-۷).

در این تحقیق که مبنی بر روش های عددی و محاسباتی می-باشد به کمک آنالیزگروهی و آنالیز نهایی ترکیب پسماند زباله-های شهر تهران و داده های تجربی به دست آمده ازسیکل واقعی نیروگاه به شبیه سازی نیروگاه زباله سوز تهران پرداخته و گام به گام نتایج حاصل از این شبیه سازی با نتایج و داده های تجربی سیکل واقعی نیروگاه زباله سوز و نتایج تجربی به دست آمده از فرآیند گازی‌سازی در مقالات پایه مقایسه شده و اعتبار سنجی شبیه‌سازی صورت پذیرفته است. پس از انجام شبیه-سازی و اطمینان از عملکرد درست آن، راندمان و توان خروجی نیروگاه با تغییر خوراک ورودی به راکتور گازی‌ساز و همچنین با تغییر میزان رطوبت پسماند ورودی به راکتور مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مطالعه برای توسعه و شبیه سازی نیروگاه زباله سوز تهران نرم افزار Aspen Plus به کار گرفته شده است. در این تحقیق سیکل کامل نیروگاه زباله تهران که متشکل از بخش گازی و بخش بخار است به صورت توأمان شبیه سازی شده است .

معرفی نیروگاه

با در نظر داشتن تمامی موارد گفته شده زباله های جامد می-توانند به عنوان سوخت پاک به کار گرفته شوند. استخراج تمام گازهای موجود از زباله های جامد می تواند، مشکل افزایش روز افزون نیاز بشر به انرژی را رفع کند. افزایش میزان زباله جامد شهری مشکلات فراوانی را برای توسعه اقتصاد فراهم آورده است. از آن جا که نیروگاه زباله سوز تهران به عنوان اولین نیروگاه زباله سوز ایران به تازگی و در سال ۱۳۹۴ فعالیت خود را آغاز کرده است، لذا آشنایی کامل با اجزای اصلی این نیروگاه، شبیه سازی توأمان راکتور گازی ساز و سیکل بخار این نیروگاه جهت دستیابی و شناسایی پارامترهای تأثیر گذار بر راندمان نیروگاه امری ضروری و مهم به نظرمی رسد. اطلاعات به دست آمده از طریق شبیه سازی این نیروگاه علاوه بر این که می تواند جهت افزایش بهره وری و راندمان نیروگاه زباله سوز تهران مورد استفاده قرار گیرد، می تواند به عنوان اطلاعاتی ارزشمند در سایر نیروگاه های زباله سوز در دست اجرای کشور نیز به کار گرفته شود. در ضمن اطلاعات به دست آمده از این تحلیل و شبیه سازی کمک شایانی به بومی سازی تکنولوزی نیروگاه‌های زباله سوز خواهد کرد.

نیروگاه زباله‌سوز تهران ، در موقعیت۱۰۳۰ متری از سطح دریا قرار دارد. این نیروگاه از اواخر سال ۱۳۹۴ شمسی شروع به کار کرده است. این نیروگاه متشکل از دو خط مجزای تولید انرژی الکتریسیته از زباله‌های شهری با ظرفیت سوزاندن روزانه ۲۰۰

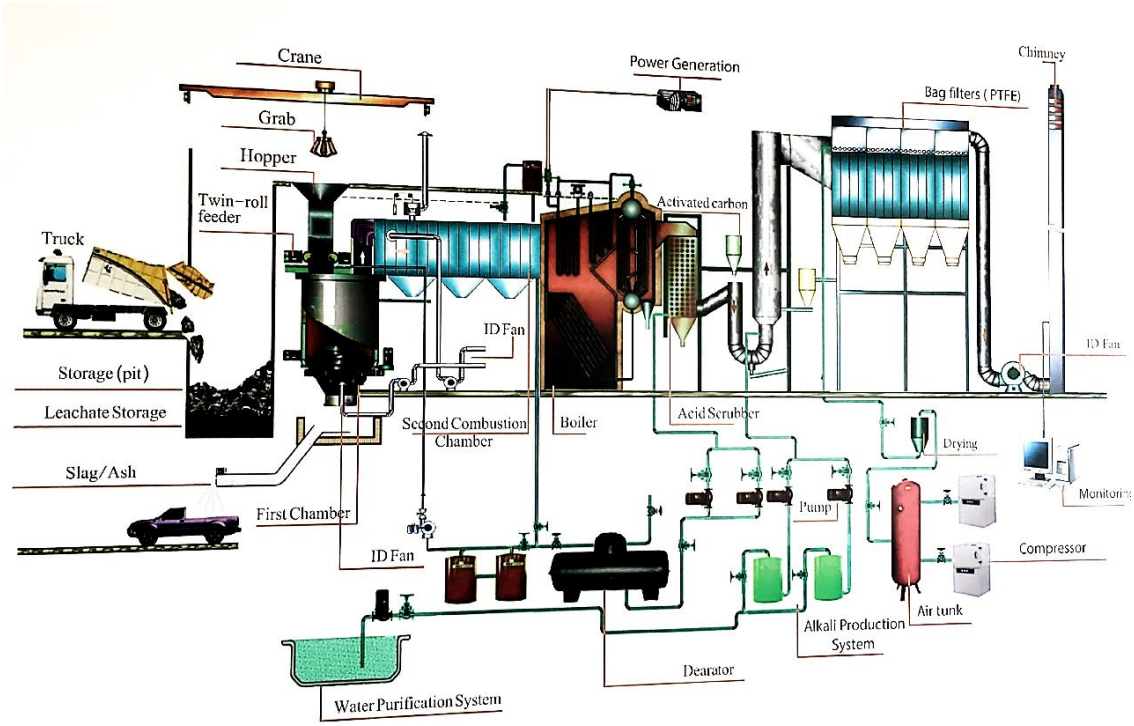
1- Municipal Solid Waste

www.SID.ir

تن زباله می‌باشد. پیش از ورود زباله ها به این نیروگاه تمامی مواد قابل بازیافت از آن جدا می‌گردد.

مطابق شکل(۱)، پسماند ورودی دربخش اول وارد راکتور گازی ساز این نیروگاه شده و سپس گاز سنتز تولیدی و خروجی از راکتورگازی ساز اول وارد راکتور ثانویه شده و با دمیدن اکسیژن در این راکتور عمل احتراق رخ می‌دهد. دما در انتهای راکتور گازی ساز اول به $^{\circ}C$ ۹۸۰ و و در انتهای راکتور ثانویه به $^{\circ}C$ ۱۲۰۰ می رسد. راکتور گازی ساز اولیه این نیروگاه از نوع راکتور پیرولیز گازی‌سازی دوار می باشد. گازهای خروجی و حاصل از فرآیند احتراق در راکتور ثانویه وارد سیکل بخار این نیروگاه شده و در مرحله اول با عبورازدرون یک بویلر که در آن آب با دمای ۱۰۶ درجه سانتی گراد و فشار ۲ بار وارد می شود، بخار سوپر هیت با دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد و فشار ۲۵ بار تولید می شود. بخار تولید شده در بویلر پس از عبور از توربین ۲۳۵ درجه سانتی گراد دما پیدا می کند. با عبور بخار مافوق-گرم توربین و در نتیجه محور آن که به یک ژنراتور برق متصل می‌باشد به حرکت درآمده و برق تولید می‌گردد. توان تولیدی این نیروگاه در مجموع ۳ مگاوات می‌باشد و هر خط آن به صورت میانگین ۱/۵ مگاوات برق را وارد شبکه برق سراسری کشور می‌نماید.

در ادامه بخار خروجی از توربین که دارای دمای $^{\circ}C$ ۲۳۵ و فشار bar ۱ می باشد به دو روش آب خنک و هوا خنک، خنک کاری شده و پس از این مرحله با عبور از یک هوازدا اکسیژن زدایی آن انجام می‌شود. آب ورودی بویلر پیش از ورود با عبور از یک گرمکن $^{\circ}C$ ۱۰۶ دما می یابد و توسط پمپ با فشار bar ۲۵ وارد بویلر می‌شود. گازهای خروجی از بویلر نیز وارد استوانه ی ۱۴ متری اسید اسکرابر می‌شود و با پاشش محلول آب و آهک گازهای HF، HCL و SO_2 از آن تصفیه می‌گردد و پیش از ورود گازهای خروجی به مرحله نهایی فیلترینگ، مخزن کربن اکتیو فلزات سنگین را جذب می‌کند. دمای گازهای خروجی در انتهای بخش اسید اسکرابر ۲۲۵ درجه سانتی گراد می باشد که با پاشش آب و آهک دما به $^{\circ}C$ ۱۸۵ کاهش می-یابد.



شکل ۱- فرآیند سوزاندن پسماند و تولید انرژی الکتریسیته در نیروگاه زباله سوز تهران

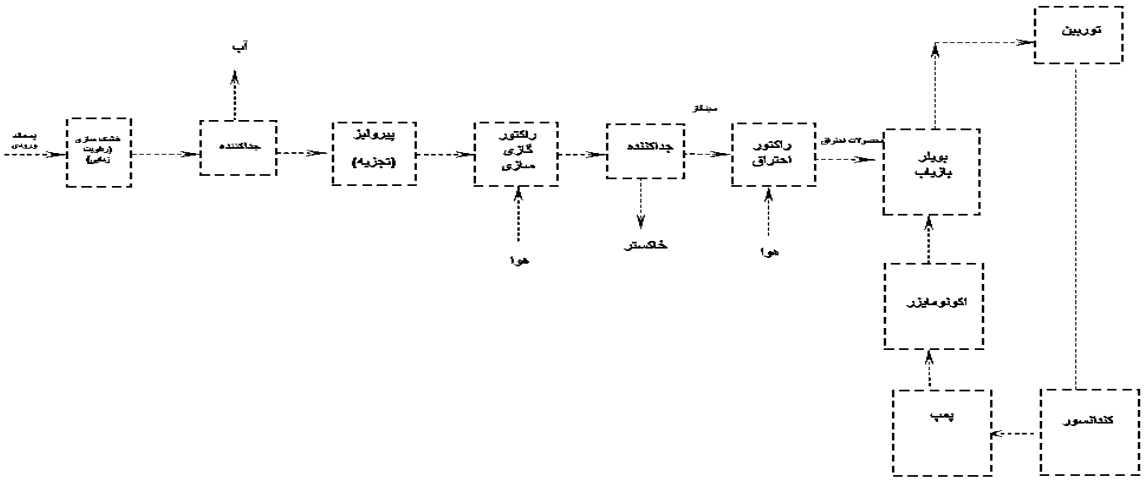
Figure1. The process of waste incineration and generating electricity in a Tehran's waste incineration power plant

www.SID.ir

Archive of SID

روش شبیه سازی

شبیه سازی تمامی فرآیندهای نیروگاه زباله سوز تهران که متشکل از بخش گازی سازی از نوع راکتور شکست و گازی سازی و بخش سیکل بخار می باشد، بر پایه تعادل شیمیایی، موازنه جرم و موازنه انرژی صورت پذیرفته است. برای مدل سازی بخش گازی سازی نیروگاه از ماژول های مختلف راکتور استفاده شده است. فرآیندگازی سازی پسماند جامد شهری در نیروگاه زباله سوز تهران با بخش خشک سازی پسماند آغاز و با بخش های تجزیه و گازی‌سازی ادامه یافته و سپس با بخش احتراق به پایان می رسد. واکنش های زیر طی مراحل ذکر شده در فرآیند گازی سازی به وقوع می پیوندند و در مدل سازی لحاظ شده اند(۸و ۹).



شکل ۲- نمودار فرآیند جریانی نیروگاه زباله سوز تهران

Figur2. Tehran's waste incineration power plant flow diagram

(۱) (Carbon combustion) $C+ O_2 \rightarrow CO_2$

(۲) (Boudouard) $C+ CO_2 \rightarrow 2CO$

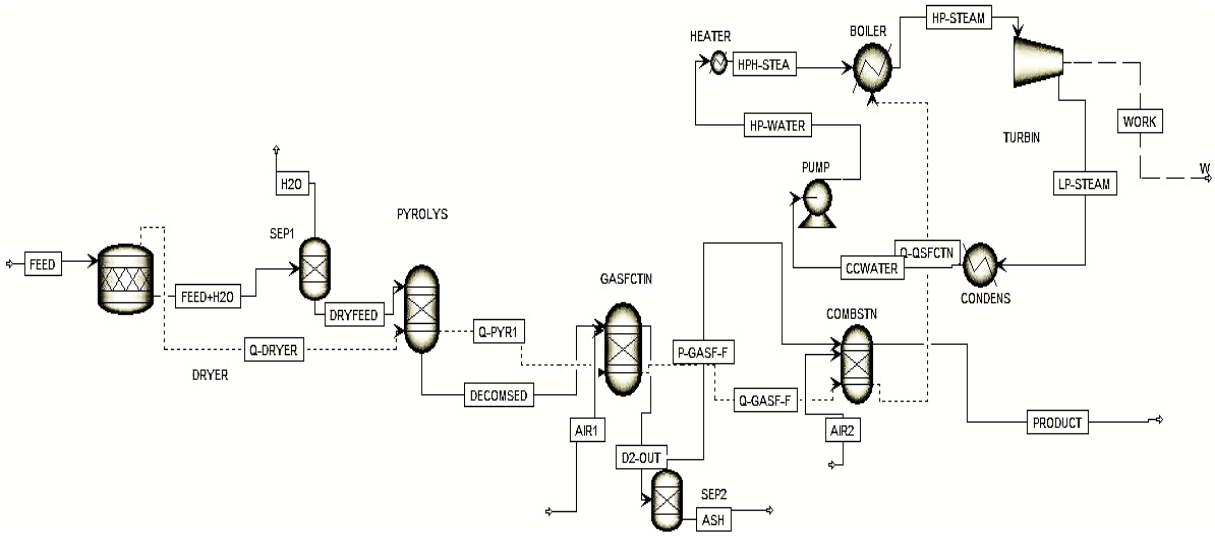
(۳) (CO shift) $CO+ H_2O \rightarrow CO_2+H_2$

(۴) (Hydrogen combustion) $H_2+0.5\ O_2 \rightarrow H_2O$

(۵) (carbon combustion) $C+0.5\ O_2 \rightarrow CO$

(۶) (water-gas) $C+ H_2O \rightarrow CO+ H_2$

(۷) (Methanation) $C+ 2H_2 \rightarrow CH_4$



شکل ۳- فلوچارت فرآیند شبیه سازی در اسپن پلاس

Figure3. Flow chart of simulation process in Aspen plus

www.SID.ir

در ادامه هر یک از بخش های یاد شده بالا مربوط به مدل سازی بخش گازی سازی نیروگاه زباله سوز تهران که نمای شماتیک آن در نمودار فرآیند شبیه جریانی نیروگاه (شکل ۲) و فلوچارت فرآیند شبیه سازی (شکل ۳) و قابل مشاهده می-باشد.

اعتبارسنجی شبیه‌سازی

نوید و همکاران در مقاله ای به صورت تجربی و آزمایشگاهی فرآیند گازی‌سازی پسماند جامد شهری را در مقیاس آزمایشگاهی برای یک گازی‌ساز مورد مطالعه قرار داده‌اند (۱۰و۱۱). نتیجه مقایسه ی ترکیب گازهای سنتز به دست آمده از شبیه سازی ارائه شده و ترکیب گازهای سنتز تولیدی در مقاله تجربی یاد شده انطباق قابل قبولی میان نتایج شبیه‌سازی و نتایج مقاله پایه را نشان می‌دهد. بدین ترتیب مطابق جدول۱، صحت سنجی مدل ارائه شده برای نیروگاه زباله سوز تهران صورت پذیرفت.

جدول ۱- نتایج شبیه سازی و نتایج تجربی مقاله پایه

Table1. Simulation results and empirical results of base paper

خوراک ورودی	ترکیبات اندازه گیری	H_2	CO	CO_2	CH_4	N_2	Other
MSW	نتایج تجربی مقاله پایه	۴/۵۸	۱۴/۸۹	۸/۴	۱/۵۴	۶۷/۳۴	۳/۳
	نتایج شبیه سازی	۳/۸۶	۱۶/۳۸	۹/۴۵	۱/۲۵	۶۴/۸۲	۳/۸۱
	اختلاف	۱/۰۲	۱/۴۹	۱/۰۵	۰/۲۹	۲/۵۲	۰/۵۱
	درصداختلاف نسبی	۱۵/۷۲	۱۰	۱۲/۵	۱۸/۸	۳/۷	۱۵/۴۵

در بخش بعدی برای صحه گذاری و اعتبار دهی به شبیه سازی صورت پذیرفته توأمان سیکل گازی سازی و سیکل بخار نیروگاه زباله سوز تهران نتایج حاصل از شبیه سازی با شرایط واقعی عملکردی نیروگاه مورد مقایسه قرار گرفت. همان طور که در جدول ۲ ملاحظه می کنید نتایج در تطابق قابل قبولی با شرایط واقعی عملکردی نیروگاه قرار دارد. که در جدول۲، $T_{in\ T}$ دمای بخار سوپرهیت ورودی به توربین، $T_{out\ T}$ دمای بخار خروجی از توربین، $T_{out\ T}$ دمای بخار خروجی از توربین،$P_{in\ T}$ فشار بخار ورودی به توربین،$P_{out\ T}$ = فشار بخار خروجی از توربین و $Power_{output}$ توان خروجی توربین می باشد. در ادامه با استفاده از این مدل صحت سنجی شده راندمان و توان تولیدی نیروگاه زباله سوز تهران برای ترکیبات متفاوت سوخت ورودی به نیروگاه و نرخ برای سوخت/هوا، دمای گازی سازی مورد بررسی و ارزیابی دقیق قرار گرفته است.

جدول ۲- مقایسه نتایج شبیه سازی و شرایط عملکردی نیروگاه

Table 2.Comparison of simulation results and operating conditions of the power plant

نتایج	$T_{in\ T}$	$T_{out\ T}$	$P_{in\ T}$	$P_{out\ T}$	$Power_{output}$
شرایط عملکردی نیروگاه زباله سوز تهران	۵۰۰°C	۲۳۵°C	۲۵ bar	۱ bar	۱۵۰۰ KW
نتایج حاصل از شبیه سازی	۵۲۰°C	۲۲۵°C	۲۵ bar	۱bar	۱۵۰۰/۲۲ KW

یافته ها

روزانه ۷۵۰۰ تن پسماند جامد شهری در تهران تولید و پس از پردازش ۴۰۰۰ تن آن‌ها به عنوان دورریز باقی می‌ماند. از این میان روزانه ۲۰۰ تن پسماند پس از جداسازی مواد قابل بازیافت و کاهش میزان رطوبت به منظور سوزانده شدن و تولید انرژی وارد سیکل نیروگاه زباله سوز تهران می شود. در این تحقیق به کمک آنالیز پسماند تهران مطابق جدول ۳ که در مقاله پناهنده

www.SID.ir

Archive of SID

و همکاران (۱۲) مورد مطالعه قرار گرفته بود، آنالیز نهایی و آنالیز گروهی زباله‌های تهران محاسبه شد. اطلاعات به دست آمده از این آنالیز به منظور محاسبه ارزش حرارتی و سایر خصوصیات شیمیایی پسماند تهران در نرم افزار به کار گرفته شد. بدین ترتیب شبیه سازی نیروگاه زباله سوز تهران به کمک آنالیز موجود از پسماند شهر تهران به عنوان سوخت ورودی نیروگاه صورت پذیرفت. به کمک آنالیز شیمیایی بدست آمده از ترکیب پسماند شهر تهران، آنالیز گروهی و آنالیز نهایی زباله های تهران به دست آمد که نتایج آن مطابق جدول ۴ می باشد.

جدول ۳- ترکیب شیمیایی دورریزهای پسماند شهر تهران

Table 3.Chemical composition of Tehran rejected waste

نوع پسماند	خاکستر(تن)	گوگرد(تن)	نیتروژن(تن)	اکسیژن(تن)	هیدروژن(تن)	کربن(تن)
پلاستیک	۱۱۵/۸۸	---	---	۲۶۴/۲	۸۳/۴۳	۶۹۵/۲۵
کاغذ و مقوا	۳۲/۶۴	۱/۱۹	۱/۷۸	۲۶۴/۰۹	۳۴/۴۲	۲۵۶/۳۷
فلزات	۸۴/۲۷	---	۰/۰۹	۴	۰/۵۶	۴/۱۹
منسوجات	۷/۸	۰/۴۹	۵/۳۶	۹۷/۴۹	۱۵/۶	۱۱۶/۹۹
شیشه	۲۵۴/۳۲	---	۰/۲۶	۱/۰۳	۰/۲۶	۱/۲۹
چوب	۱/۳۱	۰/۰۹	۰/۱۷	۳۷/۳	۵/۲۴	۴۳/۲۴
لاستیک	-----	-----	------	-----	----	-----
چرم	۴/۴۳	۰/۱۸	۴/۴۳	۵/۱۴	۳/۵۴	۲۶/۵۷
خاک و نخاله	۱۱۳/۸۶	۰/۳۳	۰/۸۴	۳/۳۵	۵/۰۲	۴۴/۰۴
پسماند تر	۱۸/۳	۱/۴۶	۹/۵۲	۱۳۷/۶۲	۲۳/۴۲	۱۷۵/۶۸
مجموع	۶۳۲/۸۱	۳/۷۴	۲۲/۴۵	۸۱۴/۲۲	۱۷۵/۵	۱۳۶۳/۶۲

جدول ۴-آنالیز نهایی و گروهی پسماند جامد شهر تهران

Table 4.Ultimate and Proximate Analysis of Tehran Municipal Solid waste

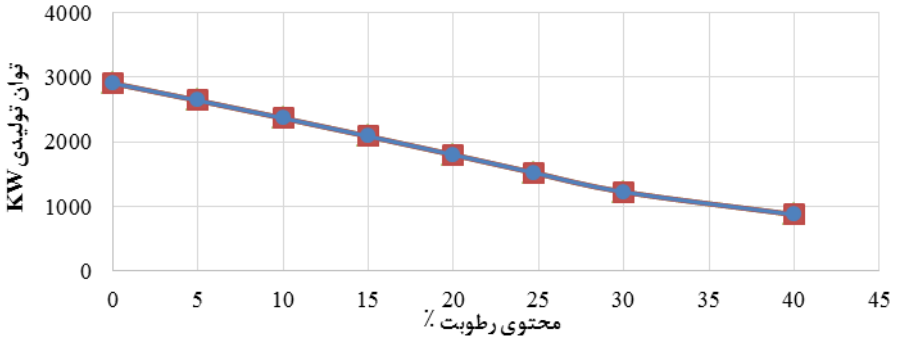
Ultimate Analysis of Tehran Municipal Solid waste					
C	H	O	N	S	ASH
۴۵/۳	۵/۷	۲۷/۱	۰/۷	۰/۱۲	۲۱/۰۸

Proximate Analysis of Tehran Municipal Solid waste			
Fixed Carbon(FC)	Volatile Matter(VM)	Ash	Moisture Content(MC)
۴۱/۴۶	۳۷/۴۶	۲۱/۰۸	۲۴/۷۲

در گام اول، نتایج برای مقادیر مختلف رطوبت زباله های ورودی، مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به آنالیز موجود از ترکیب پسماند جامد شهر تهران، این پسماند با رطوبت ۲۴,۷۲ وارد بخش اول راکتور گازی سازی نیروگاه زباله سوز تهران می شود. در تحلیل اول توان خروجی نیروگاه برای مقادیر مختلف رطوبت پسماند ورودی نیروگاه مورد بررسی قرار گرفت، مطابق شکل ۴ نتایج نشان می‌دهد که در صورتی که بتوان میزان رطوبت پسماند ورودی به نیروگاه را حداقل به میزان ۱۰٪ کاهش داد، توان خروجی و راندمان نیروگاه به میزان حدود ۳۰ ٪ افزایش خواهد یافت. این در حالی است که با استفاده از بازخورد های تجربی یکی از معظلات پیش رو در نیروگاه زباله سوز تهران کاهش میزان رطوبت پسماند ورودی به نیروگاه

www.SID.ir

خصوصاً در فصل های پر بارندگی سال می باشد. به منظور کاهش محتوی رطوبت پسماند ورودی ،زباله ورودی از خطوط پردازش پیش از ورود به راکتور در مخزنی به نام پیت به مدت ۵ تا ۷ روز نگه داری شده تا رطوبت آن گرفته شود. سپس از زباله با چنگک از درون پیت برداشته شده و به اولین بخش کوره تحت عنوان فیدر تزریق می شود. در ادامه توان خروجی نیروگاه زباله سوز تهران بر اساس آنالیز بدست آمده از میانگین زباله های یازده شهر بزرگ چین در سال های اخیر که در مرجع (۶) استفاده شده بود، مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن به شرح جدول ۵ می باشد.



شکل ۴- نمودار توان خروجی برای مقادیر مختلف رطوبت زباله های ورودی

Figure5. Output power diagram for different values of input waste

جدول ۵- آنالیز نهایی و گروهی متوسط زباله های ۱۱ شهربزرگ چین

Table 5. MSW Ultimate and Proximate Analysis of 11 major Chinese cities

آنالیز نهایی متوسط زباله های ۱۱ شهربزرگ چین					
C	H	O	N	S	ASH
۴۲	۶/۲	۲۰/۸	۲/۶	۰/۴	۲۸

آنالیز گروهی متوسط زباله های ۱۱ شهربزرگ چین			
Fixed Carbon(FC)	Volatile Matter(VM)	Ash	Moisture Content(MC)
۱۲	۵۹/۸	۲۸	۲۴

بررسی صورت پذیرفته نشان می دهد، توان تولیدی نیروگاه زباله سوز تهران برای ترکیب پسماند شهرهای مختلف چین که به صورت میانگین دارای میزان رطوبت یکسانی با پسماند تهران می‌باشند، ۱۲۶۲/۶۸ کیلوات می باشد که به طور میانگین ۱۵ درصد توان کمتری تولید خواهد نمود. در تحلیلی دیگر توان خروجی نیروگاه زباله سوز تهران در حالتی که سوخت ورودی به نیروگاه چوب، دانه های قهوه، زباله های سبز و پسماندهای غذایی و آشپزخانه‌ای باشد، مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است اطلاعات مورد نیاز برای آنالیز سوخت‌های یاد شده از مرجع (۱۳) استخراج شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶-آنالیز نهایی و گروهی ترکیبات مختلف

Table 6. Ultimate and Proximate analysis of different feedstocks

آنالیز نهایی						
	C	H	O	N	S	ASH
چوب	۵۰/۳	۶/۰۳	۴۲/۳۳	۰/۲۴	۰	۱/۱
پوسته دانه های قهوه	۴۹/۴	۶/۱	۴۱/۲	۰/۷	۰/۰۷	۲/۵
پسماند سبز	۴۶/۶	۵/۵	۳۸/۶۱	۰/۷۱	۰/۱۸	۸/۴
پسماند های غذایی	۵۶/۶۵	۸/۷۶	۲۳/۵۴	۵/۹۶	۰/۱۹	۴/۹

آنالیز گروهی				
Feedstock	Fixed Carbon(FC)	Volatile Matter(VM)	Ash	Moisture Content(MC)
چوب	۱۸/۳	۸۲/۶	۱/۱	۲۵
پوسته دانه های	۸۳/۲	۱۴/۳	۲/۵	۱۰/۱
پسماند سبز	۱۹/۶	۷۲	۸/۴	۴۸
پسماند های غذایی	۴۴	۵۱/۱	۴/۹	۲۹/۳

جدول۷- توان تولیدی نیروگاه برای ترکیبات مختلف زباله ورودی

Table 7. Generated power of the plant for different composition of feed stocks

توان تولیدی(KW)	
چوب	۱۲/۸۰۶
پوسته دانه های قهوه	۱۲۱۲/۱۰
پسماند سبز	۳۶۸/۰۳
پسماند های غذایی	۱۰۰۴/۲۷

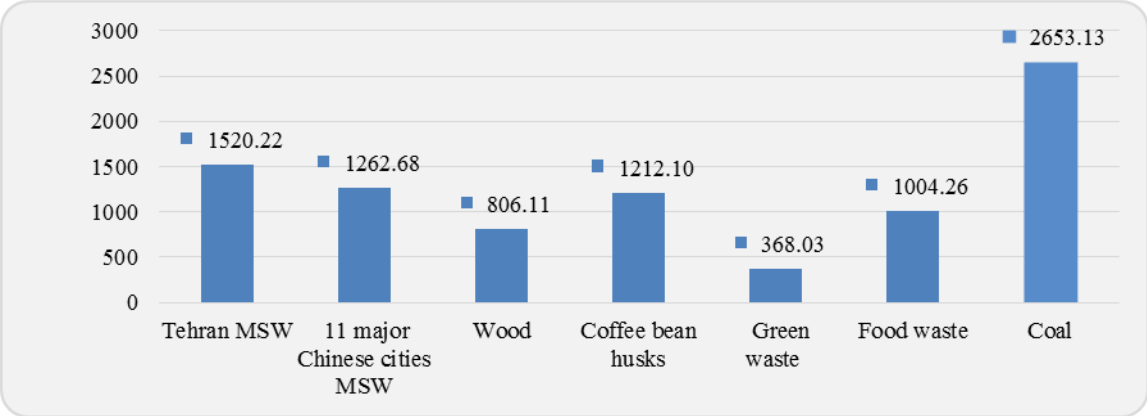
شبیه سازی نشان می دهد، توان خروجی نیروگاه برای زباله های سبز و چوب کمترین مقدار ممکن را داشته و در این حالت بخار خروجی از توربین در اتمسفر زیر نقطه شبنم قرار گرفته و احتمال خوردگی پیش می‌اید. لازم به ذکر است این یافته با اطلاعات تجربی بدست آمده از نیروگاه مبنی بر افت محسوس راندمان نیروگاه در صورت افزایش میزان چوب در ترکیب زباله ورودی به نیروگاه، در تطابق قابل قبولی قرار دارد. در ادامه ی بررسی ها با تغییر سوخت ورودی نیروگاه به زغال سنگ به جای پسماند شهری توان خروجی نیروگاه مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز به دست آمده از زغال سنگ که در مقالات مختلف استفاده شده است به شرح زیر می‌باشد. مطابق انتظار با توجه به ارزش حرارتی بالاتر زغال سنگ نسبت به پسماند جامد شهری بررسی صورت یافته بر روی زغال‌سنگ به عنوان سوخت ورودی به نیروگاه نشان می‌دهد، این ترکیب توان تولیدی بیشتری معادل با ۲۶۵۳,۱۳ کیلو وات تولید خواهد نمود. در ادامه تمامی بررسی‌های صورت یافته بر روی توان خروجی از نیروگاه زباله سوز تهران با استفاده از ترکیب مختلف (۴)، (۶) و (۷) سوخت ورودی به نیروگاه به وسیله نمودار شکل ۵ مورد مقایسه قرار گرفت.

www.SID.ir

جدول ۸-آنالیز نهایی و گروهی زغال سنگ

Table 8. Ultimate and Proximate analysis of Coal

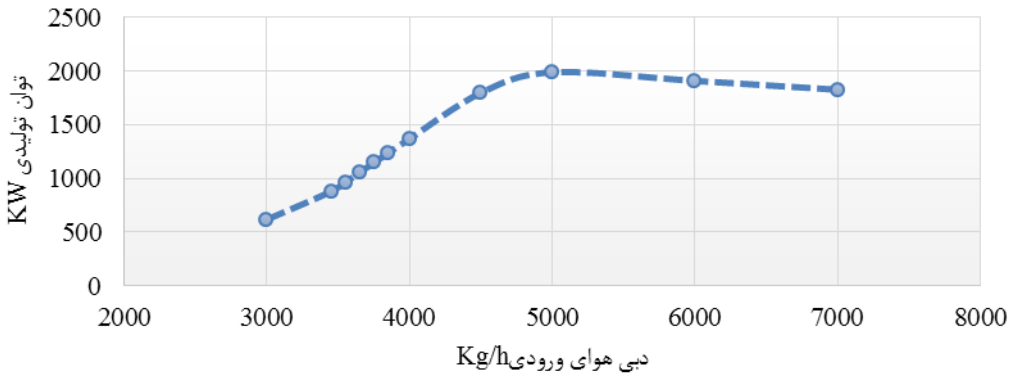
آنالیز نهایی زغال سنگ					
C	H	O	N	S	ASH
۶۴/۵۳	۳/۷۴۶	۷/۰۰۷	۰/۹۵۶	۰/۵۶۱	۱۴/۱۵
آنالیز گروهی زغال سنگ					
Fixed Carbon(FC)	Volatile Matter(VM)	Ash	Moisture Content(MC)		
۳۸/۴۲	۳۸/۳۸	۱۴/۱۵	۹/۰۵		



شکل ۵- توان خروجی برای ترکیبات مختلف سوخت ورودی به نیروگاه

Figure 5. Output Power diagram for different types of inlet fuel

همان گونه که مشاهده می‌شود زغال سنگ به عنوان خوراک ورودی بالاترین راندمان ممکن را برای این نیروگاه ارائه می‌دهد. به منظور بررسی تأثیر نرخ هوای ورودی به راکتور گازی‌سازی نیروگاه و همچنین دستیابی به نرخ بهینه آن، توان تولیدی نیروگاه زباله‌سوز تهران برای مقادیر مختلف نرخ هوای ورودی به راکتور گازی‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفت. همان طور که در نمودار شکل ۶ مشخص می باشد با افزایش دبی هوای ورودی تا میزان ۵۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت توان خروجی افزایش می‌یابد و پس آن با افزایش بیشتر دبی هوای ورودی با کاهش توان تولیدی نیروگاه مواجه می‌شویم.



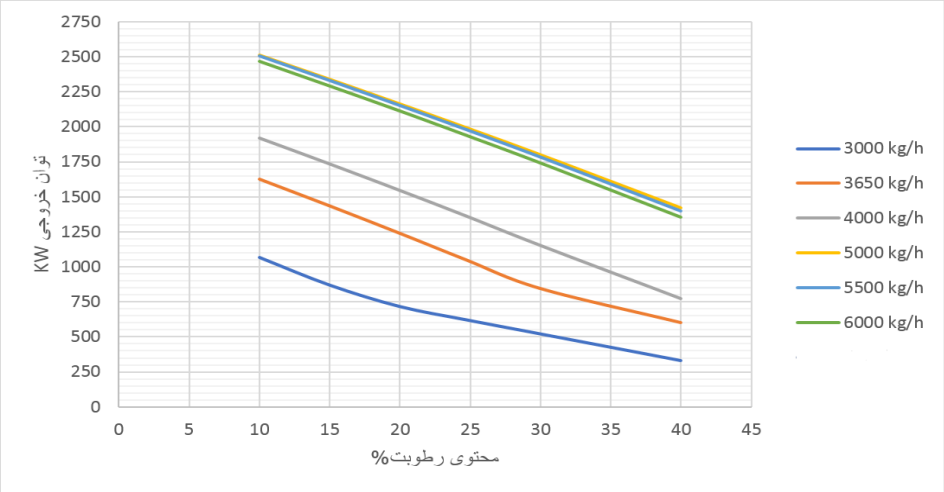
شکل ۶- نمودار توان خروجی برحسب مقادیر مختلف دبی هوای ورودی به راکتورگازی ساز نیروگاه

Figure 6. Output power diagram for different values of inlet air flow rate of the gasification reactor

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به شکل ۷، با افزایش دبی هوای ورودی به راکتور احتراق نیروگاه تا میزان ۵۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت شاهد افزایش توان خروجی نیروگاه خواهیم بود. پس از آن با افزایش دبی ورودی با کاهش توان خروجی نیروگاه مواجه خواهیم شد. لذا نرخ بهینه دبی هوای ورودی به راکتور احتراق نیروگاه زباله سوز تهران که شرایط احتراق کامل گازهای سنتز تولیدی را در حالتی که رطوبت زباله های ورودی ۲۴ درصد باشد، ۵۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت خواهد بود. در نمودار شکل ۸، توان خروجی به صورت تابعی از رطوبت زباله‌های ورودی و دبی هوای ورودی به راکتور احتراق نیروگاه مورد ارزیابی قرار گرفته است. همان-طور که ملاحظه می‌گردد بیشترین توان خروجی از توربین نیروگاه برای هر مقدار مشخص از رطوبت زباله ی ورودی در دبی ۵۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت هوای ورودی بدست خواهد آمد. مطابق نمودار شکل ۸ در صورت کاهش رطوبت پسماند ورودی به نیروگاه تا میزان ۱۵٪ و افزایش دبی هوای ورودی به راکتور احتراق نیروگاه تا میزان ۵۰۰۰ کیلوگرم بر ساعت ، توان خروجی ۲,۳ مگاوات برای این نیروگاه قابل دستیابی می‌باشد.



شکل ۷- توان خروجی برحسب مقادیر مختلف رطوبت پسماند ورودی برای دبی های مشخص هوای ورودی به راکتور احتراق

Figure 7. Output power diagram for different values of moisture content in specific inlet air flow rate of the combustion reactor

نتیجه گیری

درصد بالای مواد بیولوژیک و تر در پسماند سبب کاهش ارزش حرارتی زباله می‌شود و آن نیز سبب می‌شود که این ترکیبات هیچ گاه به مرحله خوداشتعالی نرسیده و به سوخت‌های فسیلی کمکی نیاز داشته باشند. از سوی دیگر پسماند ورودی با ارزش حرارتی پایین نمی‌تواند دمای راکتور احتراق را به بالای ۸۰۰ درجه برساند و در نتیجه تولید فوران و دیوکسین چندین برابر می‌شود. همچنین عملکرد سیکل بخار نیروگاه را تحت شعاع قرار داده و نمی‌تواند بخار لازم را برای به حرکت درآوردن توربین فراهم آورد. لذا مدیریت نیروگاه زباله سوز و شناسایی عوامل و پارامترهای اثر گذار بر توان تولیدی و راندمان بسیار مهم و خطیر می باشد. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد، میزان رطوبت پسماند ورودی تاثیر قابل توجهی بر توان تولیدی نیروگاه دارد به‌طوری‌که با کاهش محتوی رطوبت به میزان ۱۵٪ توان تولیدی نیروگاه به میزان ۰/۵ مگاوات افزایش یافته و به ۲ مگاوات خواهد رسید. همچنین شبیه‌سازی نشان می دهد مطابق انتظار کاهش میزان توان تولیدی نیروگاه در فصول پربارندگی سال ناشی از افزایش میزان رطوبت پسماند ورودی به نیروگاه می‌باشد. در حال حاضر یکی از دغدغه‌های موجود در نیروگاه زباله سوز تهران کاهش میزان رطوبت زباله های ورودی به نیروگاه می‌باشد، تا بدین ترتیب از افت راندمان و توان خروجی نیروگاه جلوگیری به عمل آید. همچنین شبیه‌سازی صورت پذیرفته نشان می‌دهد چوب و زباله‌های سبز به عنوان ترکیبات سوخت ورودی به نیروگاه کمترین توان خروجی را ارائه خواهد داد. لذا به نظر می‌رسد با کاهش محتوی چوب و

www.SID.ir

زباله های سبز توان خروجی نیروگاه افزایش قابل توجهی داشته باشد .

Reference

1. "Renewables 2014 Global Status Report," 2014.)Online(. Available: http://www.ren21.net/portals/0/ documents/resources/gsr/2014/gsr2014 _full report low res.pdf.)Accessed: 07-May-2015(.
2. N. Lapa, J. F. Santos Oliveira, S. L. Camacho, and L. J. Circeo, "An ecotoxic risk assessment of residue materials produced by the plasma pyrolysis/vitrification (PP/V) process," Waste Manag., vol. 22, no. 3, pp. 335–342, 2002.
3. "National Energy Technology Department." (Online). Available: http://www.netl.doe.gov/research /coal/energy systems/gasification/gasifipedia/igcc-config. (Accessed: 19-May-2016).
4. SharminaBegum, M.G. Rasul and DelwarAkbar, "A numerical investigation of municipal solid waste gasification using aspen plus," Procedia Engineering 90(2014), 710-717.
5. David Bonalumi, "Preliminary study of pyrolysis and gasification of biomass and thermosetting resins for energy production," Procedia Engineering 101(2016), 432-439.
6. Na Deng, Dongyan LI, Qiang ZHANG, Awen ZHANG, Rongchang CAI, Biting ZHANG, "Simulation analysis of municipal solid waste pyrolysis and gasification based on Aspen plus," Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017
7. Sharmina Begum, M.G. Rasul, DelwarAkbar and Naveed Ramzan, "Performance Analysis of an Integrated Fixed Bed Gasifier Model for Different Biomass Feedstocks," Energies 2013,6,6508-6524
8. N. Ramzan, A. Ashraf, S. Naveed, A. Malik, "Simulation of hybrid biomass gasification using Aspen plus: A comparative performance analysis for food, municipal solid and poultry waste," Biomass and Bioenergy,35(9) (2011),3962-3969
9. V. Skoulou, A. Zabaniotou, G. Stavropoulos&G. Sakelaropoulos, "Syngas production from olive tree and olive kernels in downdraft fixed-bed gasifier.," International journal of hydrogen Energy,33(4) (2008),1185-1194
10. Naveed, S. Malik, A. Ramzan, N. Akram, M.A comparative study of gasification of feed waste (FW), Poultry waste (PW), municipal solid waste (MSW) and used tired(UT), Nucleus 2009,46,77-81.
11. Reed, T. B, Graboski, M. S, levis, B. Fundamentods, Development Scaleup of the Air oxygen stratified downdraft gasifier, Biomass energy foundation press: Golden, Co, USA,1994
12. Azadeh Panahandeh, Gholamreza Asadolahfardi, Mohsen Mirmohammadi, Technical and economic study of using Tehran rejected solid waste as a fuel in cement kilns, J.Env.Sci. Tech., Vol 19, Special No. 4, Spring 2017
13. Sharmina begum et al. Performance Analysis of an Integrated Fixed Bed Gasifier Model for Different Biomass Feedstock, Energies 2013

www.SID.ir