Archive of SID

چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی
تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Koureh.ir تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

بررسی و آنالیز سوخت ترکیبی به دست آماده از واحد تولید متانول

محمد بهبهانی
گروه صنعتی کاوه ، شرکت شیمیایی متانول کاوه
مهندس شیمی (سوپروایزر نصب تجهیزات)

Eng.m.behbahani@gmail.com

چکیده

مهمترین منبع ایجاد آلاینده های هوا از نظر کمی و کیفی در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی، چرخه ترکیبی فرآیند احتراق سوخت می باشد. آلاینده های ناشی از احتراق سوخت که مهمترین آن ها اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، منواکسید کربن و ذرات معلق می باشند که از طریق دودکش به اتمسفر تخلیه می گردند.یکی از روش های کاهش این مواد، تغییر در فرآیند و نحوه احتراق یا نوع سوخت مصرفی، که می توان میزان تولید و انتشار آلاینده ها به اتمسفر را کاهش داد.

در این مقاله با دقت و بررسی عوامل تاثیرگذار به سوخت مشعل ها و هوای پیش گرم مورد نیاز برای احتراق بهتر، سعی در ایجاد یک ترکیب مناسب از سوخت و هوا، برای احتراق بهتر و کامل تر و در نتیجه تولید آلاینده کمتر در محیط خواهیم نمود.

واژه کلیدی: شبیه سازی ، Aspen Hysys ، احتراق ، سوخت ، آلاینده

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی
تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
www.Koureh.ir تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

۱- مقدمه

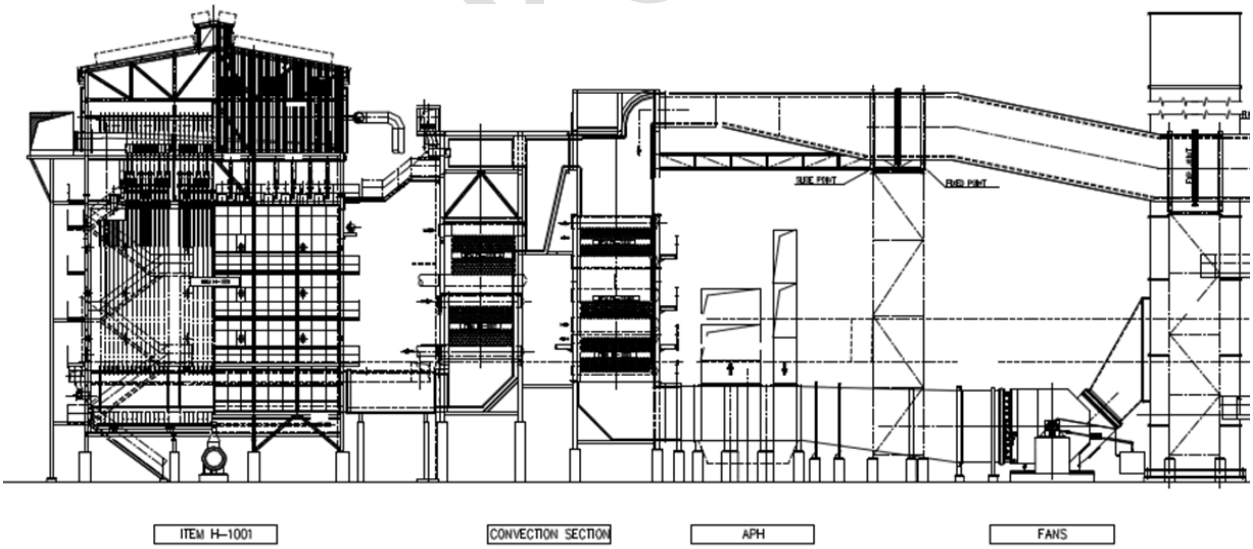
انرژی از مهمترین عوامل ضروری برای توسعه هر کشور محسوب شده، و از طرف دیگر مصرف سوخت های فسیلی مهمترین عامل آلودگی هوا و تغییرات آب و هوای می باشد. به همین دلیل استفاده بهینه از فرآیند همواره به عنوان یک هدف مهم مدنظر بوده است.

یکی از مهمترین منابع ایجاد کننده آلاینده های هوا، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می باشد. این صنایع به دلیل چرخه ترکیبی فرآینده های احتراق خود که به وسیله ی مشعل های سوخت مایع یا گاز صورت می پذیرد و اکسیدهای گوگرد و نیتروژن و منواکسید کربن و خاکستر به اتمسفر تخلیه می کنند و این چرخه ترکیبی احتراق جز جدایی نشدنی از این صنایع می باشد.

یکی از راه های جلوگیری و یا تولید آلودگی کمتر بهبود بخشیدن به چرخه ترکیبی و سوختی احتراق این صنایع می باشد.این امر با تغییر دادن نوع سوخت و یا بهبود و بالا بردن کیفیت سوخت برای احتراق کامل تر حاصل می گردد.

۲- روش تحقیق

برای انجام این پژوهش کوره کاتالیزوری (Steam Methan Reformer) یک واحد تولید متانول مطابق با شکل ۱ مورد بررسی قرار گرفته است. از آن جایی که برای تولید متانول باید فرآیند سنتز گاز متان صورت گیرد و یکی از متداول ترین روش ها، روش دو مرحله ای SMR که در یک کوره انجام می پذیرد و مرحله دوم آن فرایند اکسیداسیون متان (احتراق) می باشد که در راکتور اتوترمال صورت می پذیرد که در این دو فرایند بخصوص مرحله اول به علت تولید حرارت توسط مشعل با سوخت گازی بیشترین آلاینده را در این واحد وارد اتمسفر می کند.

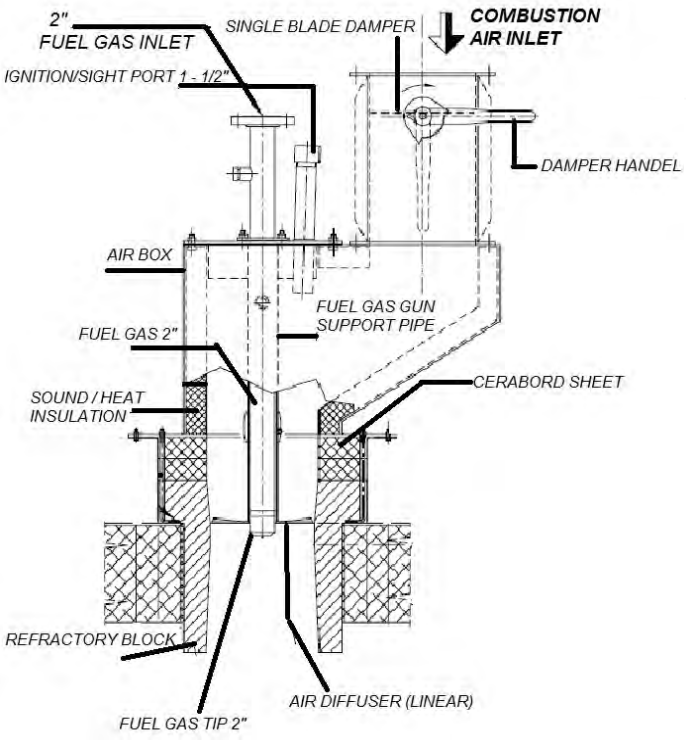


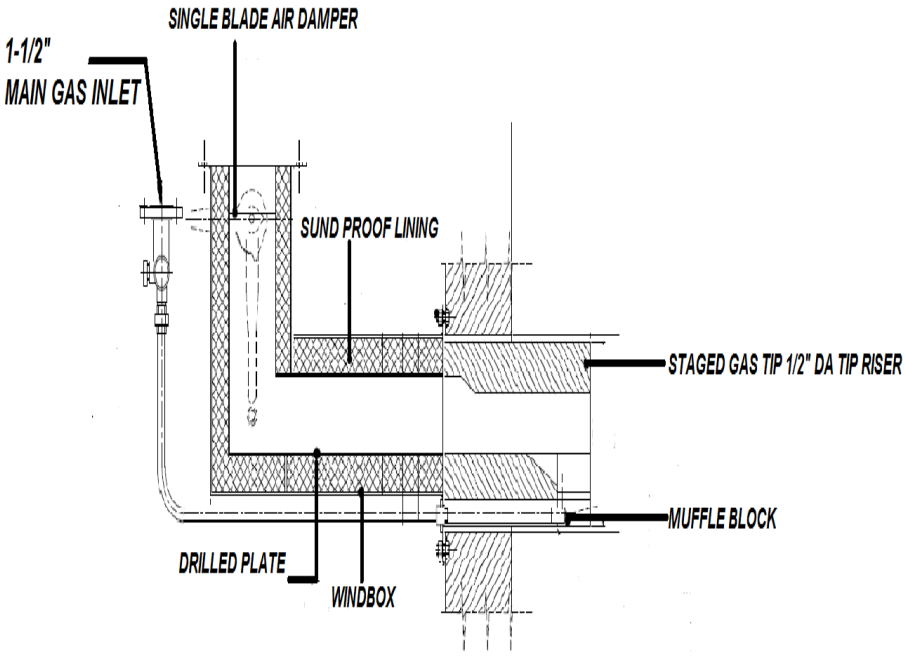
شکل ۱ : کوره کاتالیزوری SMR

www.SID.ir

Archive of SID

این کوره با کمک تعداد زیادی مشعل در سقف (شکل ۲) و یک ردیف مشعل در دیواره خود (شکل ۳) در قسمت پایین (تونل حرارتی درون کوره) گرمای مورد نیاز را برای این فرآیند تامین می کند.





شکل ۳ : مدل مشعل های استفاده شده در دیواره

شکل ۲ : مدل مشعل های استفاده شده در سقف

لازم به ذکر است محفظه ی داخلی کوره تا ارتفاع مشخصی از آجرنسوز پوشیده شده و دیواره سقف کوره برای جلوگیری از اتلاف حرارتی، عایق کاری شده است. سوخت مورد نیاز مشعل ها در دمای 87.4 C و فشار 4.5 bar g و دبی 1673 kg mol/hr می باشد و هوای مورد نیاز برای احتراق دارای این شرایط عملیاتی می باشد که دمای 200 C و فشار آن 0.02 bar g و دبی آن 12824 kgmol/hr می باشد.

برای شبیه سازی و به دست آوردن پارامترهای مختلف در طول انجام فرآیند از نرم افزارهای Aspen Energy Analyzer, Aspen Hysys ، Aspen Flare System Analyzer و Fluent استفاده شده است.

مدل مشعل های دیواره : SF-FF-FD-300 و مشعل های سقف : DFB300

www.SID.ir

Archive of SID

۳- روش بررسی

برای انجام این محاسبات و مقایسه این جریان با جریان NG (گاز طبیعی) ، ابتدا جریان گاز طبیعی را بدون هیچ گونه افزودنی ، با استفاده از نرم افزارهای ذکر شده مدل سازی و شبیه سازی کرده و محاسبات مربوط به آنالیز سوخت و فرآیند سوختن آن و بررسی میزان انرژی را انجام داده و سپس جریان سوخت پیشنهادی را مدل سازی و شبیه سازی کرده و محاسبات انجام شده، این دو جریان را با هم مقایسه می کنیم.

۴- فرمول ها و روابط

آلاینده هایی مانند CO_2 و NO_x توسط سنسور دستگاه ها و یا مستقیم قابل اندازه گیری نمی باشد، بلکه به کمک پارامترهایی مانند O_2 که قابل اندازه گیری و محاسبه می باشد ، را بدست آورده و به وسیله ی معادلاتی به هم مرتبط می گردند. در زیر به این معادلات اشاره می کنیم.

مقدار CO_2 :

$$CO2 = \frac{CO2\ Max \times (21\% - O2\%)}{21\%} \quad (۱)$$

CO_2 Max : مقدار ماکزیمم سوخت ویژه CO_2

21% : مقدار اکسیژن هوا به درصد

O_2 % : مقدار اکسیژن اندازه گیری شده

افت گازهای دودکش:

$$qA = \left[(FT - AT) \left[\frac{A2}{(21 - O2)} + B \right] \right] - KK \quad (۲)$$

AT : دمای محیط

A_2 , B : فاکتورهای مخصوص سوخت

21 : مقدار اکسیژن هوا

O_2 : مقدار اکسیژن اندازه گیری شده

FT : دمای گاز دودکش

KK : فاکتوری است که مقدار فرمول را در کسرهای دمایی به مقدار منفی تبدیل می کند

اگر فاکتور مخصوص سوخت صفر باشد:

$$qA = f \times \frac{(FT - AT)}{CO2} \quad (۳)$$

CO_2 : مقدار دی اکسیدکربن اندازه گیری شده

f : فاکتور مخصوص سوخت

www.SID.ir

Archive of SID

بازده احتراق :

Eta = 100 – qA

هوای اضافی : (۴)

$$\lambda = \frac{CO2\ Max}{CO2} \quad (۵)$$

NO_x :

$$NOx = NO + [NO\ surp \times NO] \quad (۶)$$

NO_{suro} : فاکتورهای اضافی دی اکسید نیتروژن

$CO_{undiluted}$: $CO_{undiluted} = CO \times \lambda$

CO : خوانده می شود

سرعت جریان:

$$V\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{575 \times \Delta P \times (FT+273.15)}{PAbS} \times \alpha \quad (۷)$$

PAbs : فشار مطلق

ΔP : دیفرانسیل فشار به میلی بار

α : فاکتور لوله پیتو از ۰ تا ۱,۵

محاسبه نقطه شبنم دود :

$$Dp\ FG = \frac{Ln\left[\frac{F\ H2O \times PAbs}{610.78}\right] \times 234.175}{Ln\left[\frac{F\ H2O \times PAbs}{610.78}\right] - 17.O8085} \quad (۸)$$

F H2O : فاکتور بخار وابسته به سوخت

بازده ها :

Eff . gros :

$$Effy = 100 - \left[\left[\frac{K\,gr \times (FT - AT)}{CO2}\right] + \left[\frac{X + (2488 + 2.1\,FT - 4.2\,AT)}{Q\,gr \times 1000}\right] + \left[\frac{K1 \times CO}{CO2 + CO}\right]\right] \quad (۹)$$

Eff . net :

$$Effy = 100 - \left[\left[\frac{K\,net \times (FT - AT)}{CO2}\right] + \left[\frac{X + (210 + 2.1\,FT - 4.2\,AT)}{Q\,gr \times 1000}\right] + \left[\frac{K1 \times Q\,gr \times CO}{Q\,net \times CO2 + CO}\right]\right] \quad (۱۰)$$

$X = M\,H_2O + 9 \times H$

فاکتور های مخصوص سوخت:

K_{gr} , K_{net} , K1 , Q_{net} , Q_{gr}

۵- نتایج حاصل از شبیه سازی

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

ترکیب سوخت حاصله از واحد تولید متانول جهت بهبود فرایند احتراق در مشعل های کوره

سوخت گاز طبیعی	سوخت بهبود یافته
CO_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , N_2 TOTAL Sulfphur : 11 mg/Nm^3	CO , CO_2 , H_2 , H_2O , CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , Ar , N_2 , CH_3OH TOTAL Sulfphur : 2 mg/Nm^3

الف : دیاگرام هوای احتراق مشعل های سقف و دیواره

COMBUSTION AIR DIAGRAM(s) FOR (SF-FF-FD-300) INNER BURNERS

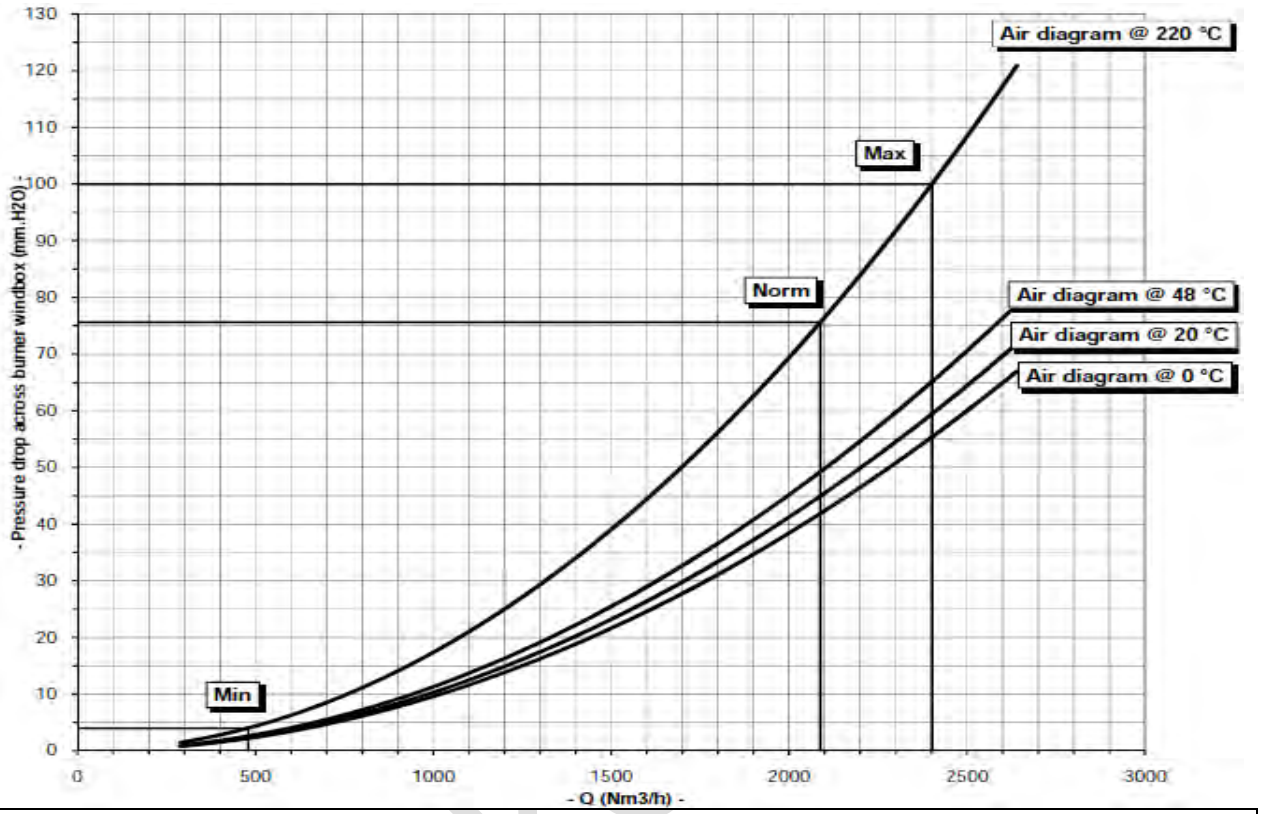
	MIN.	NORM.	MAX.
Excess air (fule gas)	10%	10%	10%
Combustion air temp. (Norm. ^0C)	220	220	220
Relative max. pressure drop across burner for fule gas 2 (mm.H_2O)	4	75.6	100
Combustion air max. flow for fule gas 2 firing (Nm^3/h)	480	2088	2401
Relative max. pressure drop across burner for fule gas 1 (mm.H_2O)	3.9	73.7	97.5
Combustion air max. flow for fule gas 1 firing (Nm^3/h)	474	2062	2371

NOTE :
FULE GAS 1 : ترکیب سوخت پیشنهادی
FULE GAS 2 : گاز طبیعی

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID



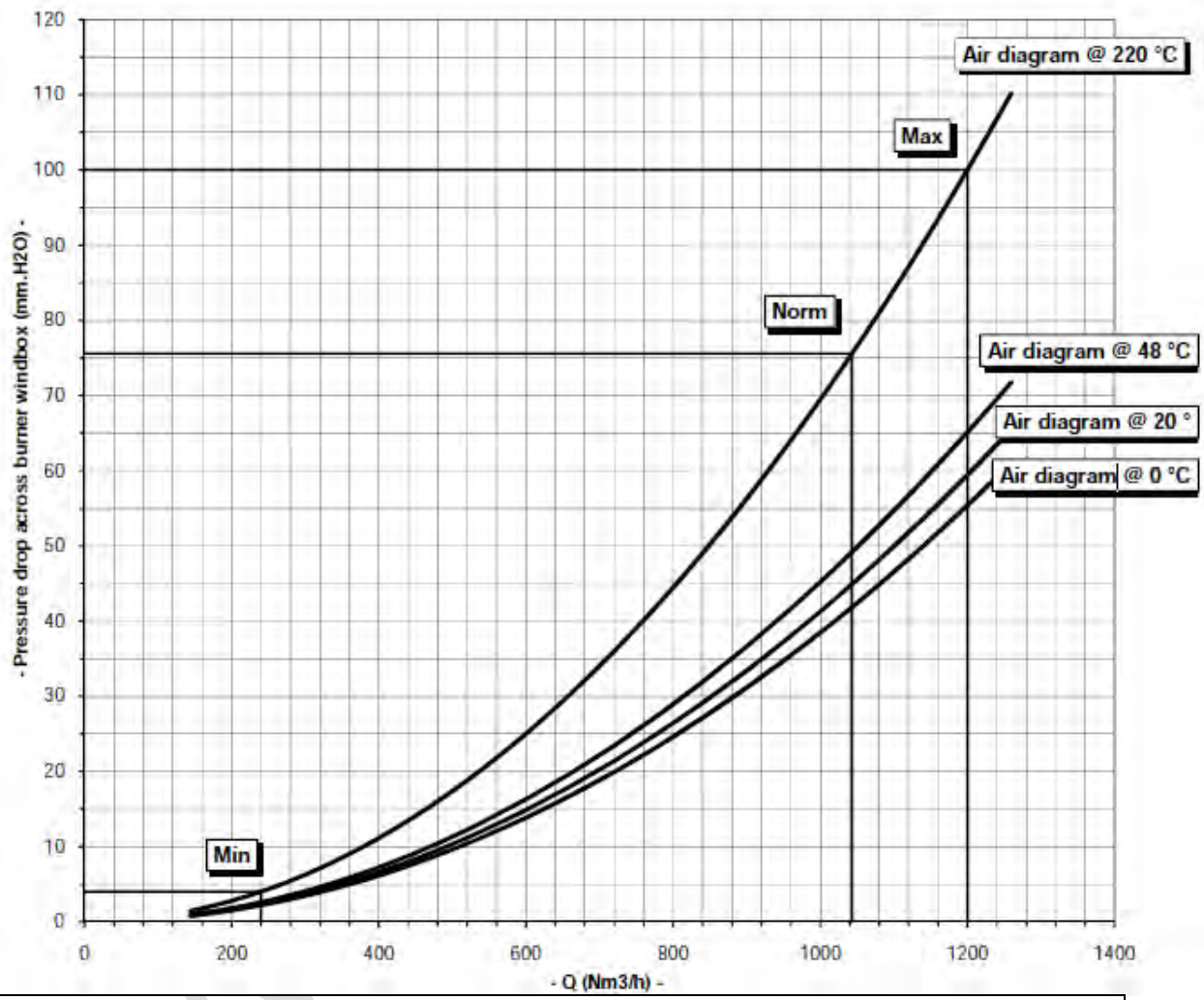
Note :
Max. air consumption case (Fule gas 2)

COMBUSTION AIR DIAGRAM(s) FOR (SF-FF-FD-300R) LATERAL BURNERS

	MIN.	NORM.	MAX.
Excess air (fule gas)	10%	10%	10%
Combustion air temp. (min / norm / max. ^{0}C)	0	20	220
Relative max. pressure drop across burner for fule gas 2 (mm.H_2O)	4	75.6	100
Combustion air max. flow for fule gas 2 firing (Nm^3/h)	240	1043	1200
Relative max. pressure drop across burner for fule gas 1 (mm.H_2O)	3.9	73.7	97.5
Combustion air max. flow for fule gas 1 firing (Nm^3/h)	237	1030	1185

www.SID.ir

Archive of SID



Note :
Max. air consumption case (Fule gas 2)

COMBUSTION AIR DIAGRAM(s) FOR (DFB300) INNER BURNERS

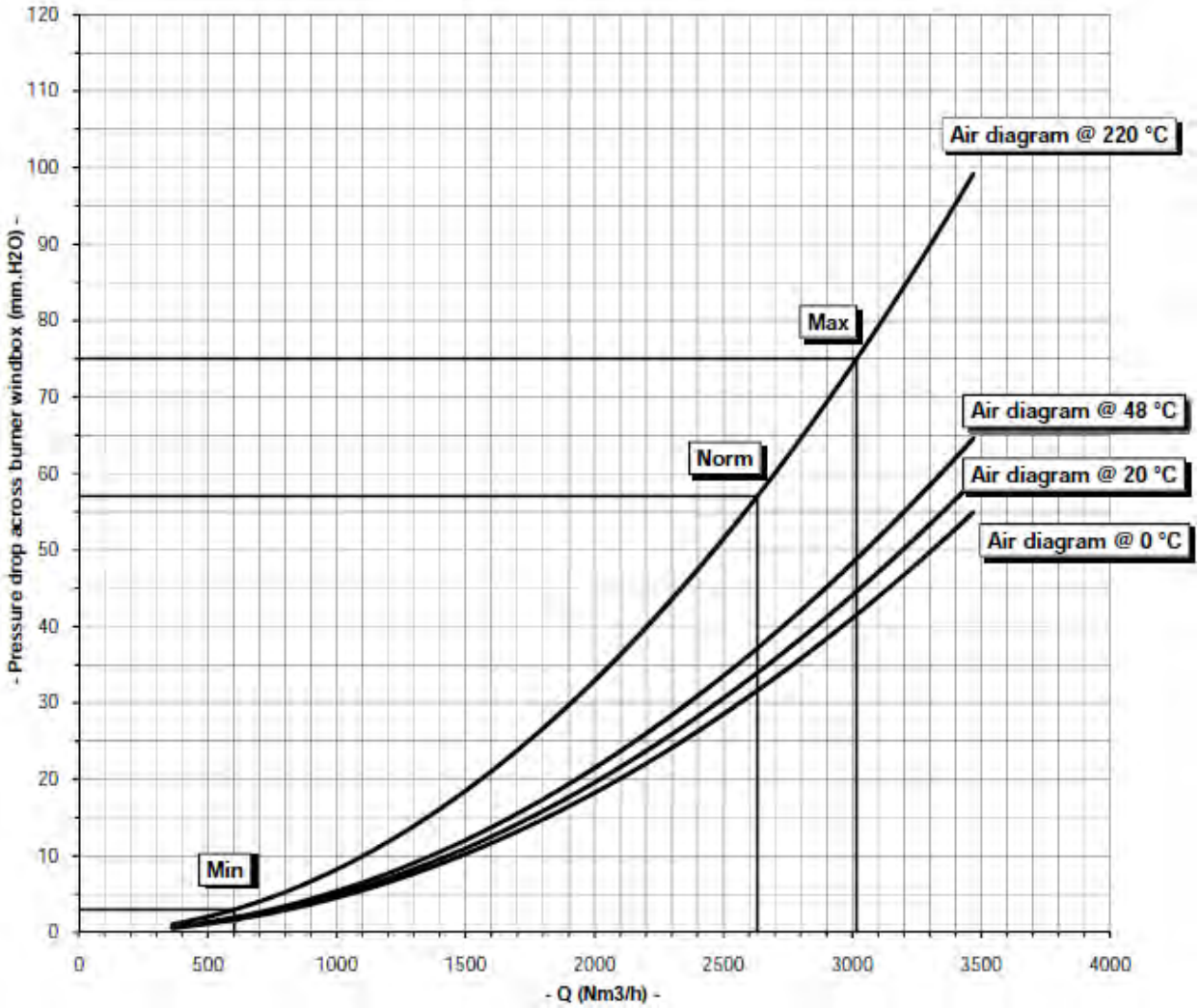
	MIN.	NORM.	MAX.
Excess air (fule gas)	10%	10%	10%
Combustion air temp. (Norm. ^{0}C)	220	220	220
Relative max. pressure drop across burner for fule gas 2 (mm.H_2O)	3	57.1	75
Combustion air max. flow for fule gas 2 firing (Nm^3/h)	604	2632	3017
Relative max. pressure drop across burner for fule gas 1 (mm.H_2O)	2.9	55.7	73.1

www.SID.ir

Archive of SID

Combustion air max. flow for fule gas 1 firing (Nm^3/h)	596	2599	2979

NOTE :
FULE GAS 1 : ترکیب سوخت پیشنهادی
FULE GAS 2 : گاز طبیعی



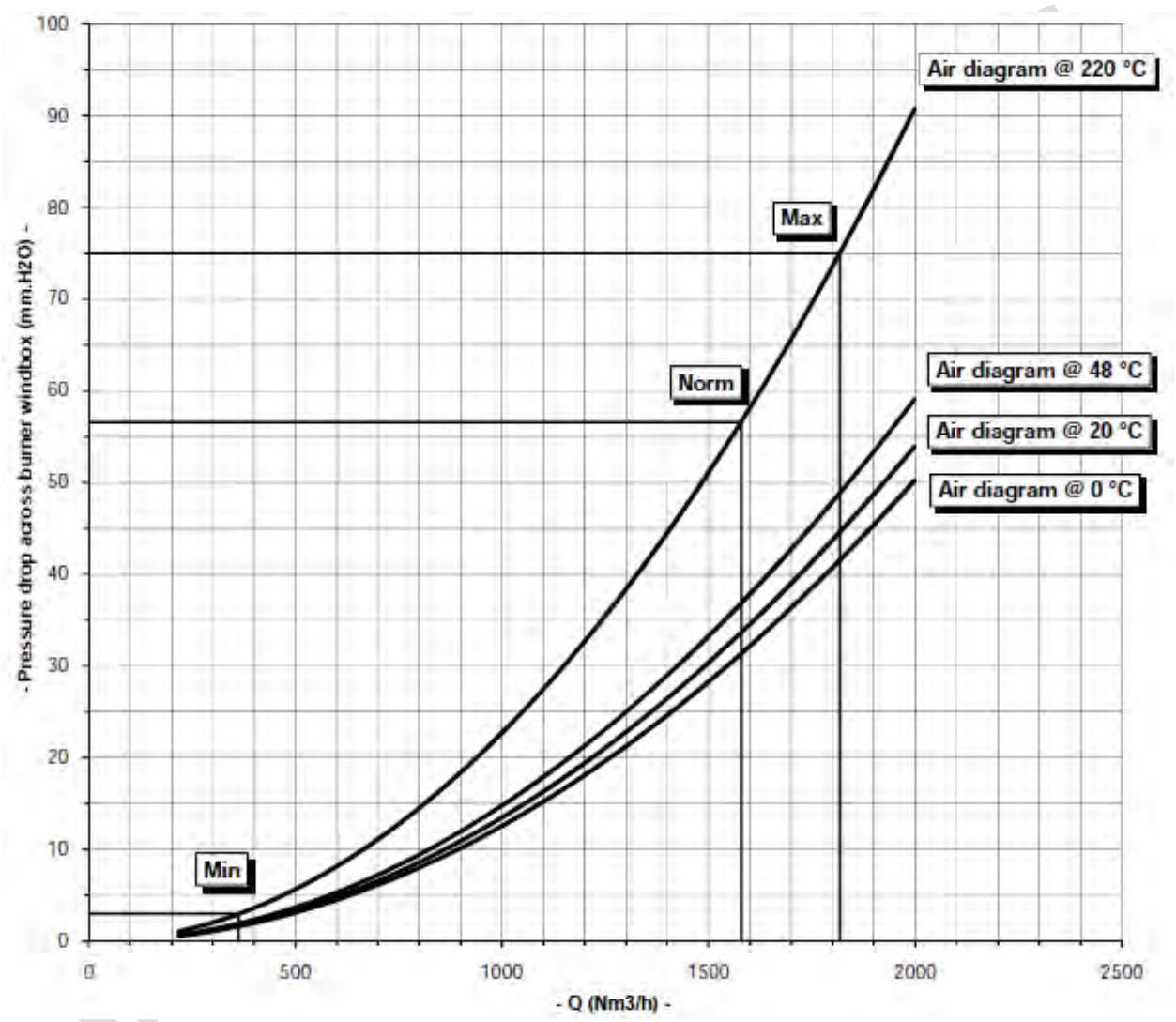
COMBUSTION AIR DIAGRAM(s) FOR (DFB300) LATERAL BURNERS

	MIN.	NORM.	MAX.
Excess air (fule gas)	10%	10%	10%
Combustion air temp. (Norm. ^0C)	220	220	220

www.SID.ir

Archive of SID

Relative max. pressure drop across burner for fule gas 2 (mm.H_2O)	3	56.6	75
Combustion air max. flow for fule gas 2 firing (Nm^3/h)	363	1579	1817
Relative max. pressure drop across burner for fule gas 1 (mm.H_2O)	2.9	55.2	73.1
Combustion air max. flow for fule gas 1 firing (Nm^3/h)	359	1559	1794



ب: دیاگرام سوخت مشعل های دیواره و سقف

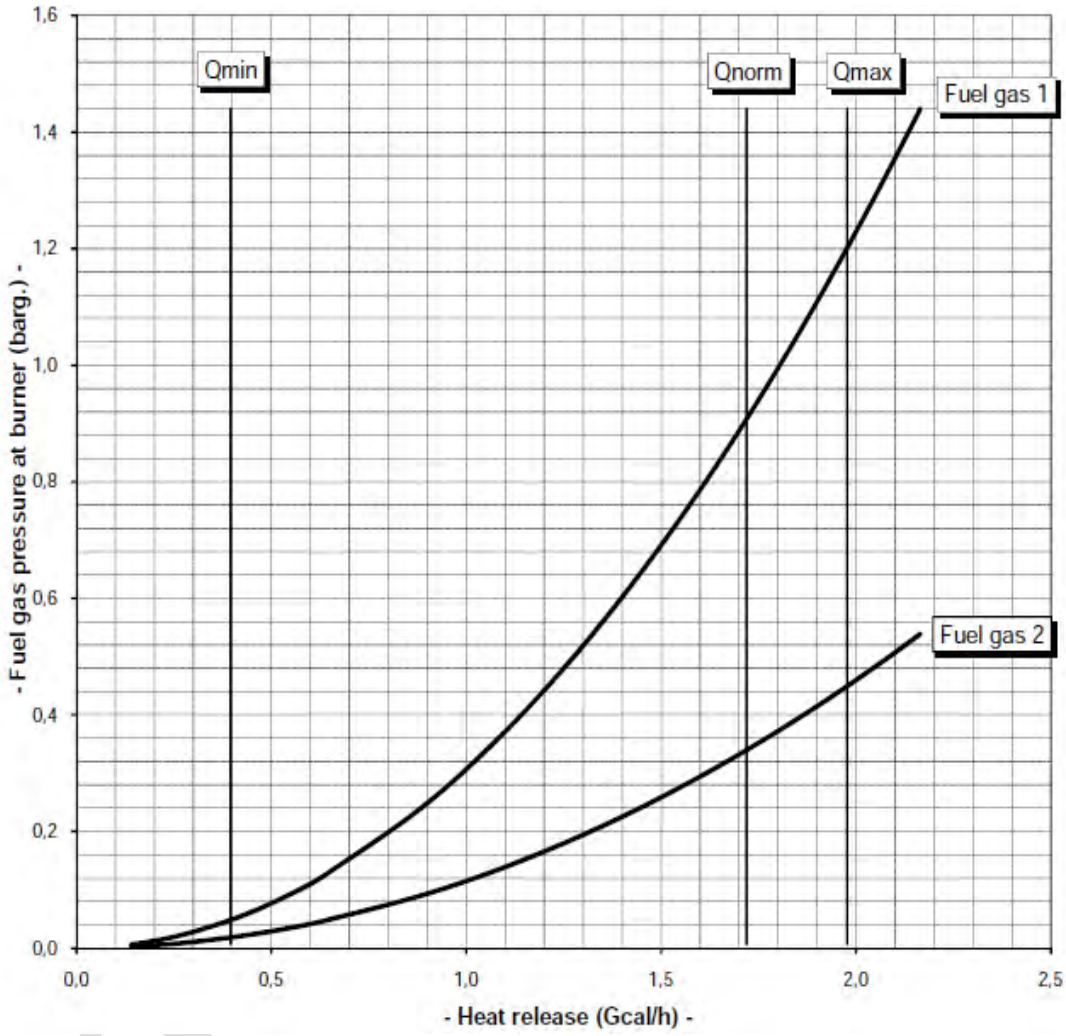
FUEL GAS DIAGRAM(s) FOR (SF-FF-FD-300) INNER BURNERS

LHV	LHV	Molecular	Fuel temperature(^0C)	Operating pressure barg

www.SID.ir

Archive of SID

	Kcal/Nm^3	Kcal/kg	Weight	Min	Norm	Max	Min. HR	Norm.HR	Max. HR
Fuel gas 1	**5.940**	**6.003**	**22.17**		**85**		**0.048**	**0.91**	**1.20**
Fuel gas 2	**8.867**	**10.801**	**18.40**		**85**		**0.018**	**0.34**	**0.45**

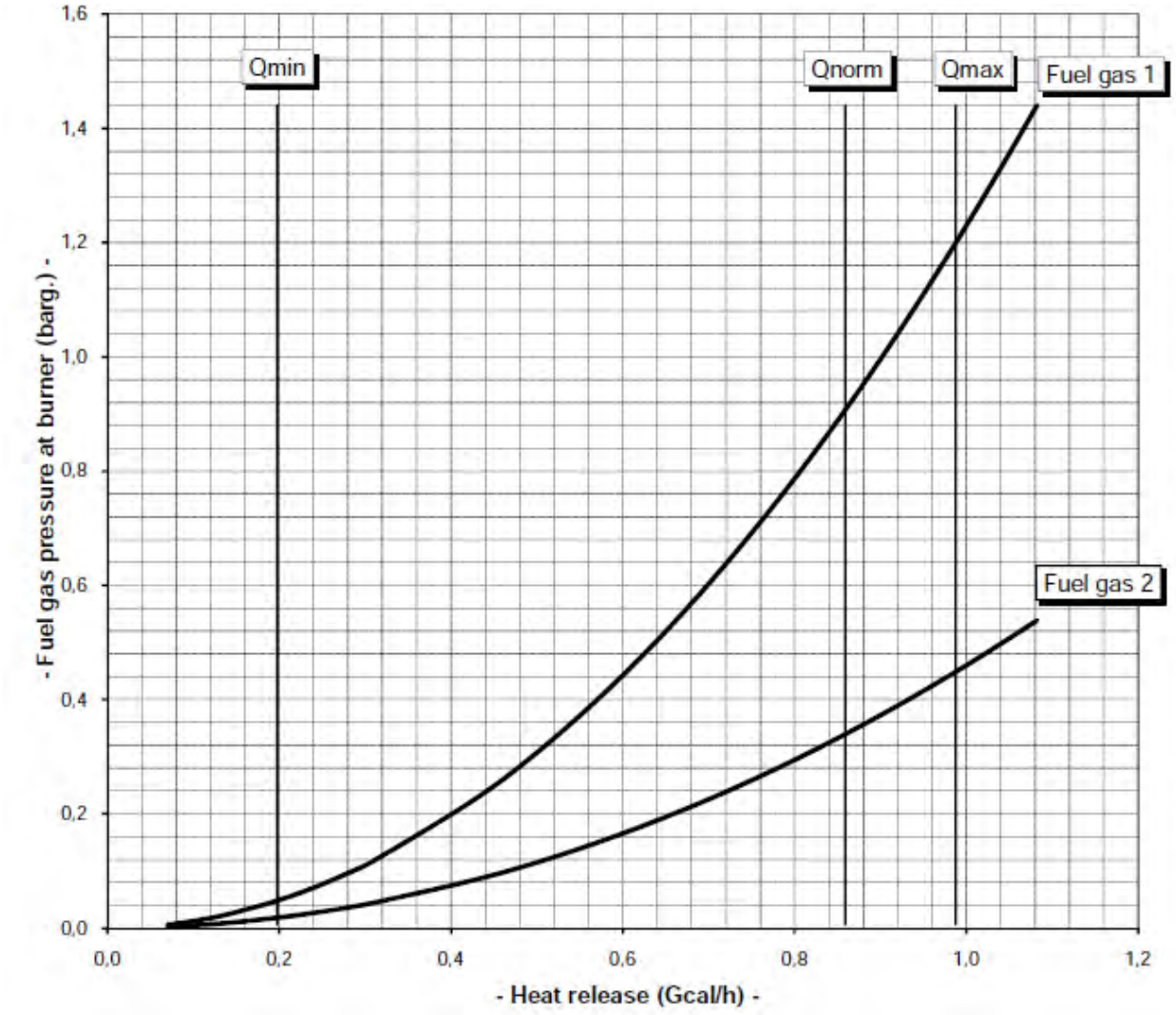


FUEL GAS DIAGRAM(s) FOR (SF-FF-FD-300R) LATERAL BURNERS

	LHV Kcal/Nm^3	LHV Kcal/kg	Molecular Weight	Fuel temperature(^{0}C)			Operating pressure barg		
				Min	Norm	Max	Min. HR	Norm.HR	Max. HR
Fuel gas 1	**5.940**	**6.003**	**22.17**		**85**		**0.048**	**0.91**	**1.20**
Fuel gas 2	**8.867**	**10.801**	**18.40**		**85**		**0.018**	**0.34**	**0.45**

www.SID.ir

Archive of SID



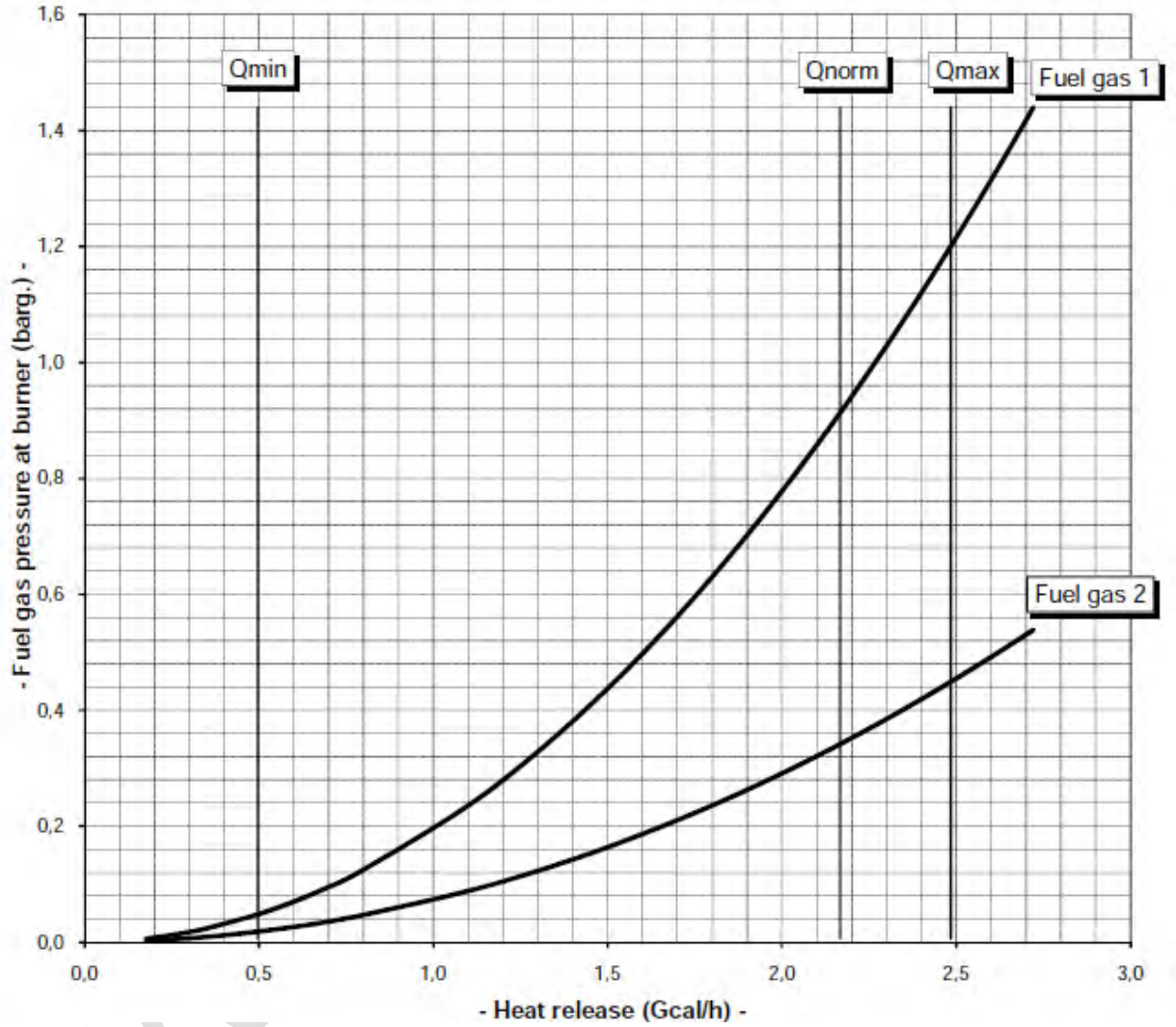
FUEL GAS DIAGRAM(s) FOR (DFB300) INNER BURNERS

LHV Kcal/Nm^3	LHV Kcal/kg	Molecular Weight	Fuel temperature(^{0}C)			Operating pressure barg		
			Min	Norm	Max	Min. HR	Norm.HR	Max. HR

www.SID.ir

Archive of SID

Fuel gas 1	**5.940**	**6.003**	**22.17**		**85**		**0.048**	**0.91**	**1.20**
Fuel gas 2	**8.867**	**10.801**	**18.40**		**85**		**0.018**	**0.34**	**0.45**



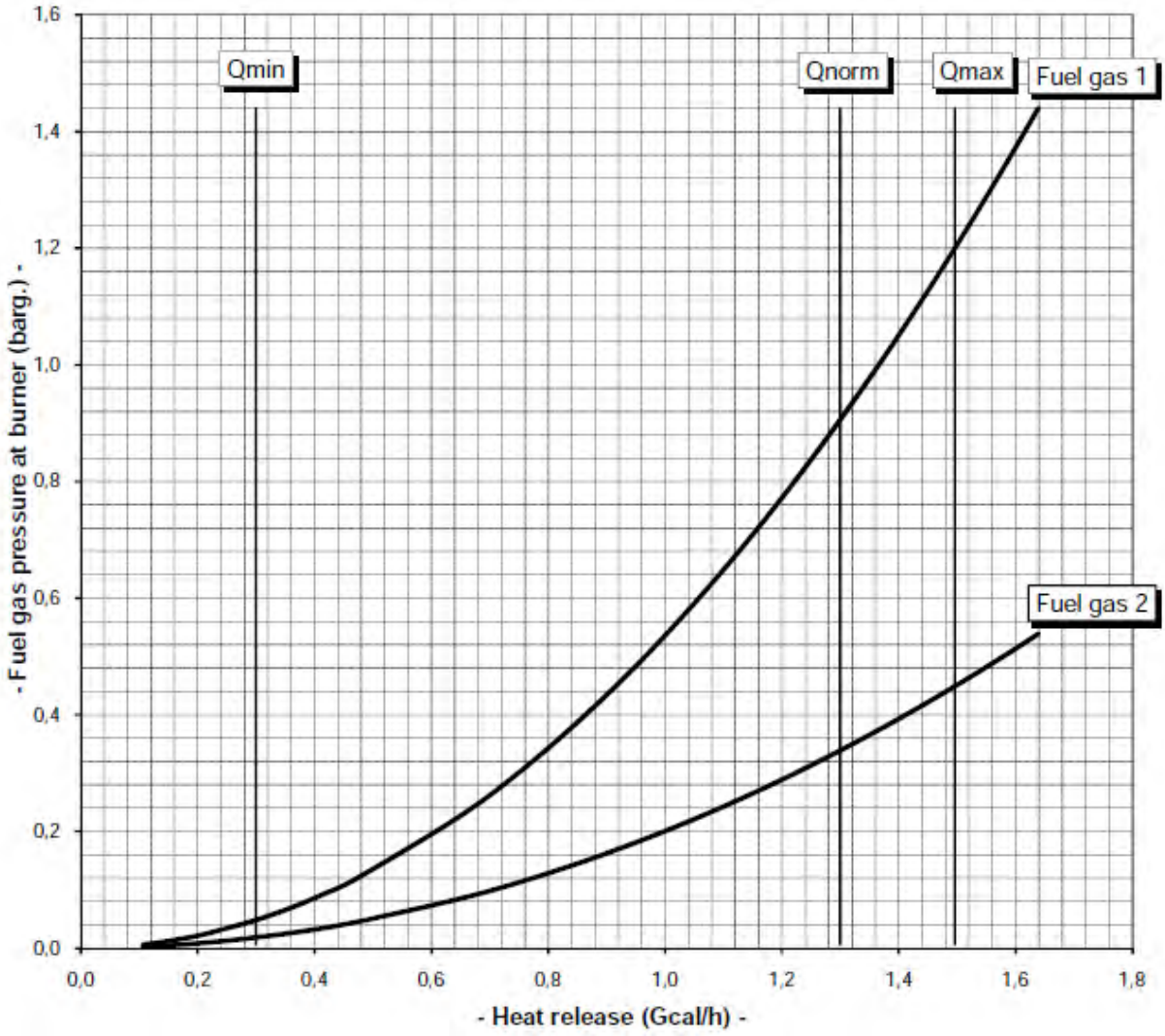
FUEL GAS DIAGRAM(s) FOR (DFB200) LATERAL BURNERS

	LHV Kcal/Nm^3	LHV Kcal/kg	Molecular Weight	Fuel temperature(^{0}C)			Operating pressure barg		
				Min	Norm	Max	Min. HR	Norm.HR	Max. HR
Fuel gas 1	**5.940**	**6.003**	**22.17**		**85**		**0.048**	**0.91**	**1.20**

www.SID.ir

Archive of SID

Fuel gas 2	**8.867**	**10.801**	**18.40**		**85**		**0.018**	**0.34**	**0.45**



ج : میزان تولید آلاینده سوخت پیشنهادی

EMISSION REQUIREMENTS		
FIREBOX BRIDGEWALL TEMPERATURE	^{0}C	960 & 1024

www.SID.ir

Archive of SID

NO_X	mg/Nm^3	140
CO	mg/Nm^3	100
UHC	mg/Nm^3	50
PARTICULATES	mg/Nm^3	< 40
SO_X	mg/Nm^3	-

۶- نتیجه:

با توجه به محاسبات انجام شده، که سوخت ترکیبی که به کمک طراحی فرایند از پروسس تولید متانول حاصل گردیده ؛ به دلیل تزریق متانول به این سوخت و ترکیبات ذکر شده، نرم تر سوخته و با توجه به طراحی هوای مورد نیاز جهت فرایند احتراق، قدرت احتراقی بالای داشته و تولید آلاینده کمتری نیز دارد.

منابع

1.Charles E. Baukal, Jr., Ph.D., P.E., Industrial Burners Handbook,chapter 1, 2003
2. T. Tong and S. Sathe, “Heat Transfer Characteristics of Porous Radiant Burners,” *Trans. of ASME, J. Heat Transfer*, 113, 1991
3. C. L. Hackert and J. L. Ellzey, “Combustion and Heat Transfer in Model Two-Dimensional Porous Burners,” *J. Combustion and Flame*, 116, 1999
4. G. Brenner, “Numerical and Experimental Investigation of Matrix–Stabilized Methane/Air Combustion in Porous Inert Media,” *J. Combust. Flame*, 123, 2000
5. S. C. Mishra, “Heat Transfer Analysis of a Two Dimensional Rectangular Porous Radiant Burner,” *J. Heat and Mass Transfer*, 33, 2006
5. Ladislav Bebara, Vit Kermesa, Petr Stehlika, Josef Canekb, Jaroslav Oralc, Low Nox burners-prediction of emissions concentration based on design, measurements and modeling,2002
6. راهنماهای فنی مدیریت انرژی مربوط به دفتر بهینه سازی مصرف انرژی
۱.7 سمیت مکرگ چی ، اصول مدیریت انرژی ، ۱۳۷۹

www.koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

www.koureh.ir

www.SID.ir