

ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2019

АЕРОДИНАМИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОТОЦИТЕ В ГАЗОВИТЕ ГОРЕЛКИ, ИНСТАЛИРАНИ НА КОТЛИТЕ В ТЕЦ „МАРИЦА ИЗТОК 2“ ЕАД

Никола Байкалов, Васил Раденков, Бончо Бонев

AERODYNAMIC STUDIES OF GAS BURNERS INSTALLED ON BOILERS IN TPP “MARITSA EAST 2”EAD

Nikola Baykalov, Vasil Radenkov, Boncho Bonev

Abstract: This report draws attention to the aerodynamic model of gas burners. The ratio of air and fuel is studied to obtain the optimum gas-air mixture in order to achieve the maximum efficiency of the gas burner during the start-up of boilers at Maritsa East 2 TPP EAD.

Keywords: steam generator, boiler starting modes, gas burner, CFX modeling

Въведение

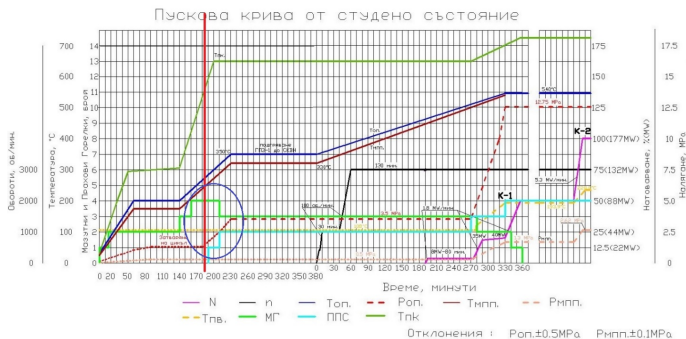
Изследването на газовата горелка е наложено след стартиране на пилотната инсталация за замяна на мазута като разпалващо гориво с природен газ на котел №6 (ПК-38-4) в ТЕЦ „Марица Изток 2“ ЕАД. Същият проект е реализиран и на други котли в централата, като към момента е в експлоатация само на два от тях. След проведени пусково-настроечни мероприятия по КА-6 и преминаване към основното гориво – въглища, се стига до спирането му в следствие от недостиг на температури в пещната камера. По време на пусковите операции за този пуск се използват 5 газови горелки, всяка от които е с проектен номинален разход от 1800Nm³/h., което като топлинна мощност е предостатъчно да се извърши пускът на горелки на въглища.

Таблица 1.

| | B, [kg/h], [Nm ³ /h] | Q _f , [kJ/kg] | P, [kW] | Q, [MJ/h] |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------|------------|--------------|
| Мазут | 1 500 | 40 700 | 16 958 | 61 050 |
| Природен газ | 1 820,7 | 33 530 | 16 958 | 61 050 |

По проект топлинната мощност на газовата горелка е предвидено да е същата като топлинната мощност на мазутната горелка (табл.1)[3],

което означава, че по време на пусковите операции трябва да се използват същия брой газови горелки, както при пуск на котлите с разпалващо гориво мазут. На следващата графика (фиг. 1) е показана пусковата диаграма на котлите ПК-38-4 [2].



Фигура 1. Пускова диаграма на ПК-38-4

На графиката са показани броя на мазутните горелки, участващи по време на целия пуск на котела, а също така и броя на въглищните горелки. Вертикалната червена линия показва момента, в който се стартира първата въглищна горелка. Заграденият участък със синята елипса е именно интервалът от време, в който се пускат в действие двете въглищни горелки, като същевременно се използват три мазутни горелки и в по редки случаи четири, както е показано на графиката. След като мощността на газовите и мазутните горелки е еднаква, следва и техният брой по време на пуска да е еднакъв.



Фигура 2. Количество топлина при пуск на блок 177 MW от студено състояние

Показаната графика на фиг. 2 [3] изобразява разхода на газ и мазут при едно и също количество освободена топлина, съответно и еднакъв брой на мазутните и газовите горелки. Причината за неуспешния пуск може да се дължи на не достатъчно гориво природен газ, преминаващо през горелката или прекомерно високо количество въздух за горене.

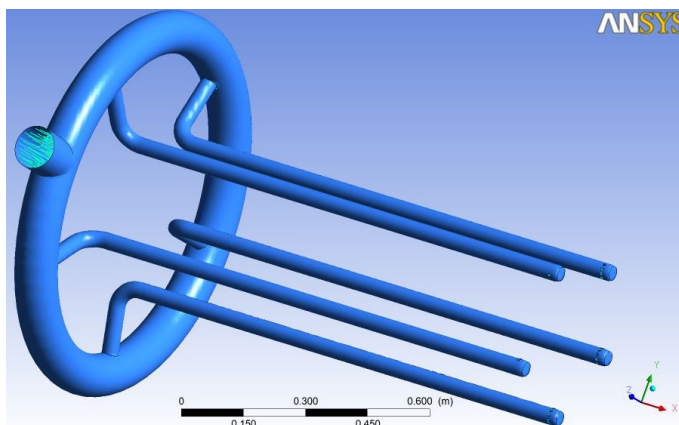
Необходимо бе да се установят причините за недостига на достатъчно високи температури в печната камера (при работа на 5 газови горелки) и невъзможността да се премине безпроблемно към основното гориво.

За целта бяха направени:

- моделни изследвания на газовия тракт на инсталираните газови горелки;
- моделни изследвания на разхода и разпределението на въздуха в горелката.

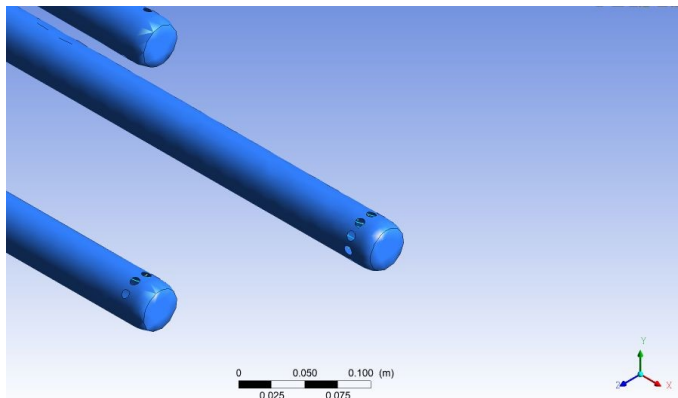
Моделно изследване на разхода на газ през горелката

Изследването на газовата горелка чрез софтуер за моделно изследване (CFX) се налага да започне с газовата част на самата горелка – колекторът за газ и т.нар. „пушки“, които доставят природния газ за смесване с въздуха и изгаряне в печна камера на котела. На следващата фигура (фиг. 3) е представен модел на колекторът и „пушките“, който ще се използва за целите на моделирането.



Фигура 3. Газова горелка (газова част)

Колекторът за природния газ представлява един пръстен с диаметър $\varnothing 860$ и тръба $\varnothing 114,3 \times 4,5$. Налягането на входа на колектора е в диапазона от 0,2 до 0,8 бар. От него излизат пет броя газови „пушки“ – това са тръби с $\varnothing 48,3 \times 3,6$ завършващи с със седем отвора, разположени напречно по дължина на тръбата – 5 бр. \times 8 мм и 2 бр. \times 7 мм за всяка. Това всъщност са дюзите, които впръскват газа под ъгъл 90° спрямо въздуха за горене (фиг. 4).



Фигура 4. Дюзи на газовата горелка

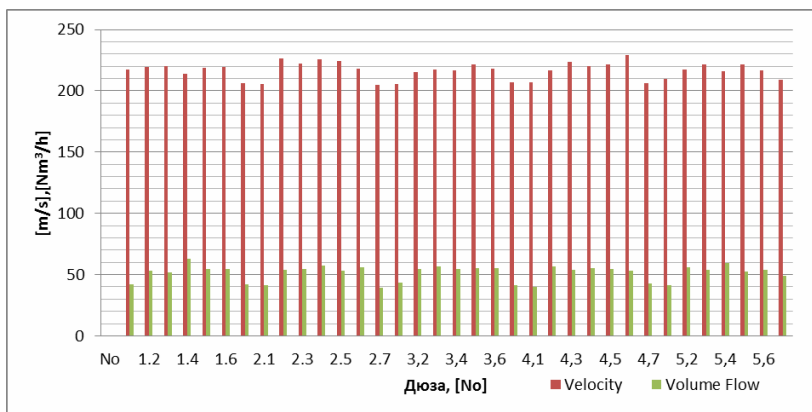
Идеята на обследването на тази част от горелката е да се провери дали при максимален разход на природния газ на изхода от 35-те малки дюзи на газовата горелка, който по проектни стойности е $1800 \text{ Nm}^3/\text{h}$, налягането е до 0,8 бар. Много важно е също така и правилното /еднаквото/ разпределение на флуида в петте газови „пушки“, а от там следва и правилното разпределяне по дюзите на всяка от тях. В следващата табл. 2. са показани резултатите от направената симулация при номинален разход от $0,357 \text{ kg/s}$ [$1800 \text{ m}^3/\text{h}$] на входа на горелката.

Таблица 2.

| Входни данни – $0,357 \text{ kg/s}$ [$1800 \text{ Nm}^3/\text{h}$] | | | | |
|--|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|
| Резултати | Масов поток, kg/s | Площ, m^2 | Скорост, m/s | Плътност, kg/m^3 |
| Вход | 0,357 | 0,0087 | 45,06 | 0,92 |
| Изход | 0,357 | 0,0016 | 216,6 | 0,79 |

От представените резултати (табл.2) се вижда, че материалния баланс на входа и на изхода е еднакъв – т.е. моделът отговаря на критерии

риите за сходимост. Промяната на скоростта на изтичане на флуида е над 4 пъти по- висока на изхода от дюзите, спрямо тази на входа към колектора. Това се дължи на по-малката обща площ на изхода спрямо входа с над 5 пъти. Следва да се разгледа разпределението на горивото през дюзите на горелката – неговото количество и скорост. Изграден е графика с тези параметри за всяка дюза.



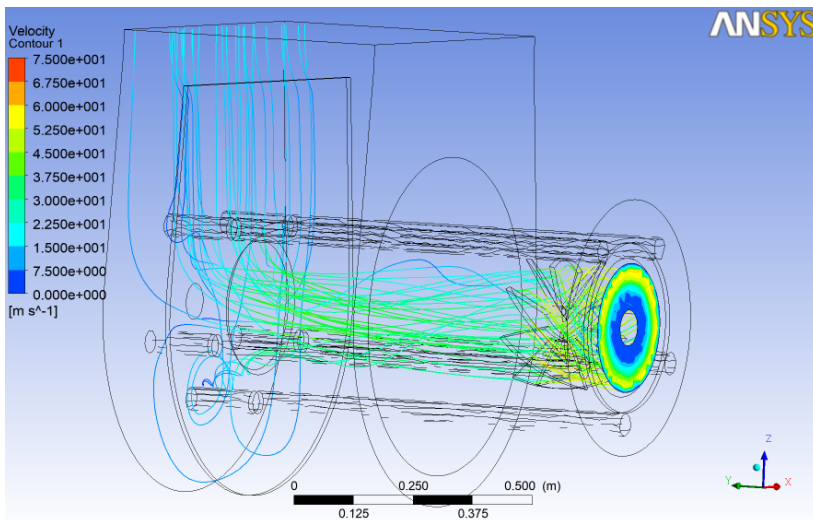
Фигура 5. Скорост и обмен разход на природен газ през дюзите на ГГ

Наблюдава се почти еднакво разпределение към съответните дюзи на всяка „пушка“. Скоростта и дебита са по- малки на първата и последната дюза за всяка „пушка“, което е в резултат на по- малкия ѝ диаметър. Изводът е, че разпределението на газа е равномерно, а отклонението на по-отдалечените газови „пушки“ от входа на газа към колектора е в пренебрежимо малки граници. Не се забелязва да има някакви проблеми с газовата страна на ГГ. Номиналния и дебит се постига в работните граници за стойностите на налягане в газопровода.

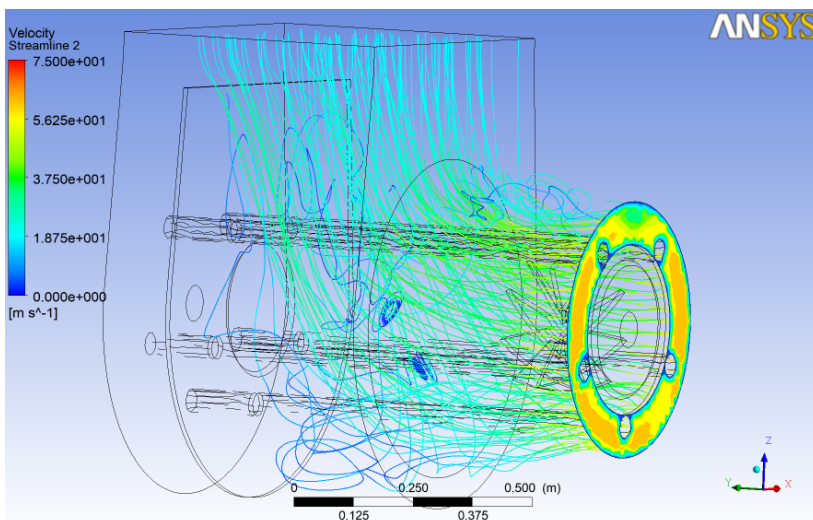
Моделно изследване на разхода на въздух за горене към горелката

Въздухът, необходим за изгарянето на природния газ към ГГ се доставя чрез въздушна кутия, която е разделена на две зони. Първата зона доставя първичен въздух, минава през завихрител, след който завихрения въздух се удря с напречно движещия се природен газ и способства за образуването на силно турбулизирана струя от въздух и газ на изхода от ГГ. Там се образува първичната зона на горене. Въз-

духът от втората зона на въздушната кутия навлиза надлъжно на факела на ГГ и образува вторична зона на горене.



Фигура 6. Аеродинамичен модел на първичен въздух на ГГ (25 336 Nm³/h)



Фигура 7. Аеродинамичен модел на вторичен въздух на ГГ (25 336 Nm³/h)

При създадения модел използваме за входни данни посоченото от проектантът количество въздух, който е достатъчен за пълното изгаряне на горивото. Получените резултати са показани в табл. 3.

Таблица 3.

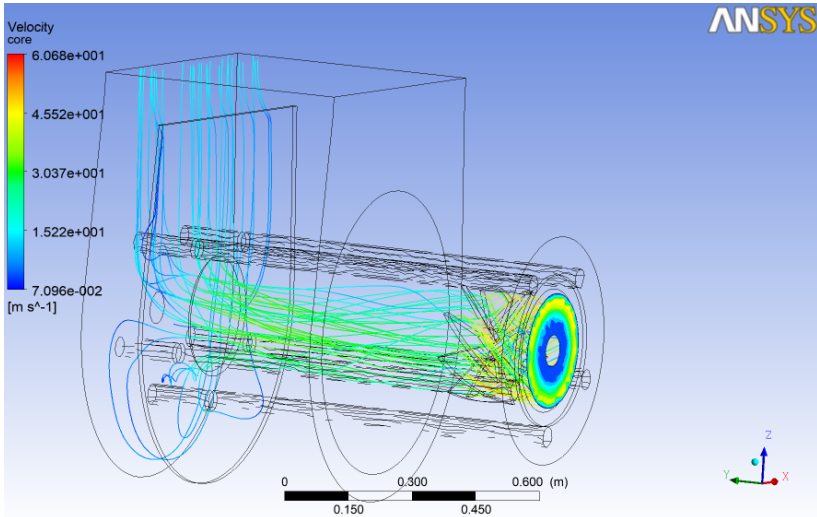
| Вход: 25 336 Nm³/h, t_{AIR} = 25 °C; Изход: Отворен (статично налягане = 0 Pa) | | | |
|--|-------------|------------------------|------------------------|
| | Вход | Първичен въздух | Вторичен въздух |
| Площ, m² | 0,42 | 0,054 | 0,12 |
| Масов дебит, kg/s | 9,1 | 1,6 | 7,5 |
| Скорост, m/s | 18,28 | 33,9 | 56,3 |
| Обемен дебит, Nm³/h | 25 336 | 4463 | 20 873 |

За да се получи икономично и ефективно изгаряне на природния газ трябва да се добави ограничено количество въздух за горене, т.е. с нисък излишък на въздух. Това от друга страна обуславя образуването на зони с недостиг на кислород. За интензифициране на горенето е необходима висока турбулентност в ядрото на факела и зоната на доизгаряне. До тук това е изпълнено чрез разбиване на газовия факел на отделни малки струи от 35-те дюзи на газовите „пушки“ и движещия се на 90° спрямо струите газ завихрен въздух, като в същото време трябва да се поддържа умерена турбулентност в периферните пластове на корена на факела за по добро запалване.

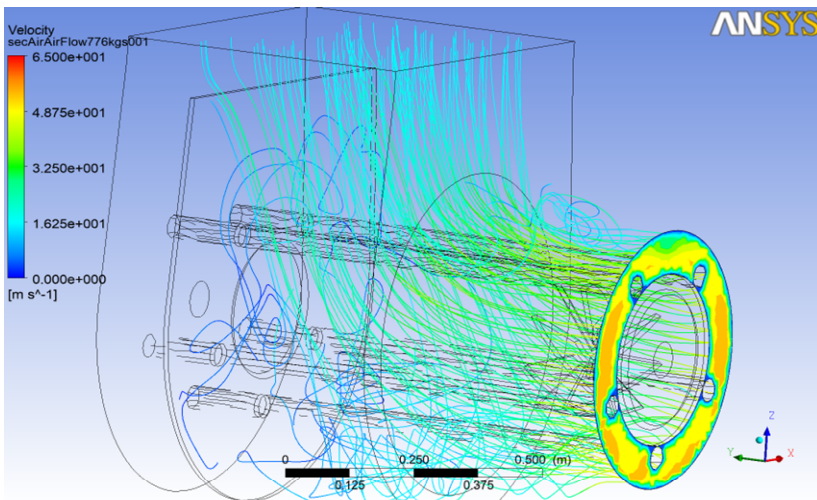
При проверка се оказва, че количеството на подавания въздух към въздушната кутия е надстехиометричен, при $\alpha=1,4$. Тази стойност е доста висока при изгаряне на природен газ. Проектантът е презапасил количеството на въздух, за да избегне възможността от локално неизгаряне на горивото и последващото му смесване с кислород, при което би могло да се получи взрив. Скоростите на изтичане на въздуха през горелката (табл. 3) са доста високи, като скоростта на вторичния въздух от 56m/s, способства за разкъсване на факела, а и по-високото му количество допринася за допълнително охлаждане на пещната камера. Взети са мерки за намаляване на въздуха при $\alpha=1,2$. Направена е симулация с новото количество въздух на входа 21 606 Nm³/h. Резултатите са показани в табл. 4.

Таблица 4.

| Вход: 21 606 Nm³/h, t_{AIR} = 25 °C; Изход: Отворен (статично налягане = 0 Pa) | | | |
|--|-------------|------------------------|------------------------|
| | Вход | Първичен въздух | Вторичен въздух |
| Площ, m² | 0,42 | 0,054 | 0,12 |
| Масов дебит, kg/s | 7,76 | 1,366 | 6,394 |
| Скорост, m/s | 15,589 | 28,9 | 48,2 |
| Обемен дебит, | 21 606 | 3803 | 17 802 |



Фигура.8. Аеродинамичен модел на първичен въздух на ГГ (21 606 Nm³/h)



Фигура.9. Аеродинамичен модел на вторичен въздух на ГГ (21 606 Nm³/h)

С намаляване на коефициента на излишък на въздух на $\alpha=1,2$ се постига намаляване на общото количество въздух с 15%, спрямо стойностите при $\alpha=1,4$. Редуцирането на скоростите на изтичане на първи-

чен и вторичен въздух е съответно на 28,9 m/s и 48,2 m/s, което също е с около 15%. При тези стойности на скоростта на вторичния въздух не се образуват зони на разкъсване на факела. Топлинното натоварване на нагревните повърхности се увеличава. Така за нуждите на един пуск се използват 4 ГГ, което съвпада с пусковете на мазут.

Заклучение

След направените изследвания на газовата горелка с въздушната и кутия се стига до извода, че надстехиометричното съотношение на въздух ($\alpha=1,4$) и газ е причината за ниските температури в ПК на котела по време на пусковите операции.

С намаляването на количеството въздух към горелката с 15% ($\alpha=1,2$) се постига стабилно горене на газовите горелки, без зони с разкъсване на факела.

Също така се повишават температурите в пещна камера, което благоприятства нормално преминаването към основно гориво – въглища.

Литература

[1] Байкалов Н. Бонев Б., Анализ на пусковите режими на котлите в ТЕЦ „Марица Изток 2“ ЕАД, НК „Енергиен Форум 2016“, Варна 2016

[2] Байкалов Н. Бонев Б., Особенности на пусковите процедури и диаграми за енергийни блокове с котли ПК-38-4 и ЕП 670/140, НК „XXI Научна конференция с международно участие ЕМФ 2016“, Созопол 2016

[3] Байкалов Н. Бонев Б., Икономическа оценка на замената на мазут (леко котелно гориво) с природен газ като разпалващо гориво в ТЕЦ „Марица Изток 2“ ЕАД, НК „Енергиен Форум 2018“, Варна 2018

[4] Б. Ангелов, Тотев Т., Б. Игнатов, Изследване влиянието на различни фактори върху разпределението на количеството въглища постъпващи в горелките на котел тип П-62, Годишник на ТУ-София, ISSN 1311-0829, том 63, книга 4, 2013, стр. 109-118;

[5] Русев Ст., Т. Тотев, Б. Игнатов, Анализ на емисиите от азотни оксиди и въглероден оксид, генерирани от енергийните парогенератори на ТЕЦ „София“, XXII НК с международно участие ЕМФ 2017, ISSN 1314-5371, 17-20 септември 2017, Созопол, том 1, стр. 71 – 78;

[6] Genova Iv., K. Hristov, “ Optimal heat load distribution between cogeneration steam turbine installations in combined heat and power (CHP)

plant”, The Journal of MacroTrends in Technology and Innovation, ISSN 2333-1011, Vol. I Issue I, 2014;

[7] Григоров А., Т. Тотев, Анализ на поведението на газовия тракт на котел ПК 38-4 при различно натоварване и качество на горивото, XV НК „ЕМФ 2010“, т. I срт. 76-81, Созопол, 16-19.09.2010;

[8] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0601&from=EN>

[9] К. Heleston, E. Kenneth „Boiler Operator Handbook”, The Fairmont Press INC., Marcel Dekker INC, 2004

[10] <http://www.slideshare.net/BunkBonk/06-procedure-of-start-up-boiler-ok>

Автори

маг. инж. Никола Емилов Байкалов, ТУ-София, катедра „Топлоенергетика и ядрена енергетика“, e-mail: nikola.baykalov@gmail.com

д-р инж. Васил Емилов Раденков, ТУ-София, катедра „Топлоенергетика и ядрена енергетика“, e-mail: vradenkov@gmail.com

проф. д-р Бончо Иванов Бонев, ТУ-София, катедра „Топлоенергетика и ядрена енергетика“, e-mail: bibonev@tu-sofia.bg