

УДК 621.184.004

Редько Андрей Александрович

*Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ТГВ и ТВЕР, ORCID: 0000-0003-2331-7273
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков*

Павловская Анна Александровна

Аспирант, аспирант кафедры ТГВ и ТВЕР, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

Давиденко Анастасия Вячеславовна

Аспирант, аспирант кафедры ТГВ и ТВЕР, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

Павловский Сергей Валерьевич

Кандидат технических наук, ассистент, ассистент кафедры ТГВ и ТВЕР, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

**ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО
ТОПЛИВА В ВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКЕ КОТЛА ДЕ-10/14**

Аннотация. Приведены результаты численного моделирования процесса сжигания газа, распределений скорости и давления топочных газов в зависимости от конструктивных параметров вихревой горелки. Показано влияние характеристик закрученного потока газов на структуру факела и процессы сжигания газа, распределение температуры и теплообмен в топочном объёме. Определено, что для варианта установки лопаток с углами соответственно: $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$ среднее значение концентрации оксидов азота составляет 70-75 мг/м³. Сжигание газа в узких V-образных струях и интенсивное охлаждение продуктов сгорания вблизи боковых экранных поверхностей обеспечивает снижение выбросов оксидов азота.

Ключевые слова: численное исследование; процессы сжигания; газообразное топливо; вихревая горелка; паровой котёл

Постановка проблемы

Опыт эксплуатации водотрубных паровых котлов ДЕ-10/14 показал недостаточную эффективность горелочных устройств типа ГМГ-7. Газомазутные горелки ГМГ-7 не обеспечивают высокие скорости газов в топке котла и эффективность теплообмена с тепловоспринимающими экранными поверхностями. Реконструкция газогорелочного устройства позволяет произвести малозатратную реконструкцию котлов ДЕ-10/14. Поэтому исследование рабочих процессов в топке котла является актуальной задачей. Решение задач модернизации горелочных устройств, анализ и выбор оптимальных режимов эксплуатации топок и котлоагрегатов требуют применения современных методов математического моделирования. Процессы смесеобразования, горения, рециркуляции продуктов сгорания и габариты факела, существенно зависят от конструкции горелочных

устройств, конфигурации топочного объёма и кинетики реакции горения. Нормативный метод не всегда приемлем для решения этих задач, так как требует использования эмпирических поправок при расчёте температур газов и других характеристик параметра топки. Неравномерное и неустойчивое течение топочных газов при изменении тепловой нагрузки котла вызывает образование зон с низкими скоростями течений, зон с обратными течениями, с повышенными температурами, высокими плотностями радиационных тепловых потоков.

Анализ основных исследований и публикаций

Аэродинамические процессы в топках котлов исследовались в работах [1-4, 7, 8, 10]. Применение вихревых горелок обеспечивает устойчивость факела и эффективного сжигания топлива.

Вихревые горелки характеризуются сильнозакрученным факелом, и устойчивость горения обеспечивается образованием в приосевой

зоне сильноразвитых возвратных течений. Конструктивные параметры горелочного устройства: угол наклона лопаток завихрителей по первичному и вторичному воздуху и параметр крутки характеризуют крупномасштабное влияние на аэродинамические процессы, структуру, размеры, форму пламени. Увеличение угла наклона выходной части лопатки горелки приводит к тому, что угол раскрытия факела увеличивается, и сжигание газа происходит вблизи фронта топки. Зона максимального тепловыделения и температур газов приближается к срезу горелки, увеличивается локальная плотность тепловых потоков на экранные поверхности. Закрутка потока интенсифицирует смешение газа и воздуха, что ускоряет процессы горения газа [1, 2, 12]. Однако, с увеличением угла наклона лопаток регистра вторичного воздуха, более $\varphi_2=45^\circ$, возможно настиание факела на днище топочной камеры и наброс на боковые теплообменные поверхности. Углы наклона лопаток регистров первичного и вторичного воздуха газогорелочного устройства существенно влияют на процессы сжигания газа и теплообмен продуктов сгорания в топке котла.

Результаты выполненных исследований указывают на сложность течений газов в топочном объёме и их зависимость от распределений температуры газов, на наличие обратных потоков рециркуляции газов, на вихревой характер течений в поперечных сечениях топки. При этом визуализация результатов моделирования в двух- и трёхмерном вариантах в любом сечении топки позволяет проанализировать структуру топочной среды. Аэродинамическое сопротивление при движении топочных газов зависит от структуры факела, распределений температуры и скорости газов в объёме топки. Конвективный теплообмен газов с экранными трубными пучками также определяется интенсивностью аэродинамических процессов при вихревом движении газов. Сильная закрутка топливо-воздушного потока приводит к уплотнению факела и росту концентрации оксидов азота, а рассредоточение факела – к уменьшению концентрации оксидов азота.

Большое влияние на образование оксидов азота оказывает интенсивность отвода теплоты от факела [2]. Интенсивный отвод теплоты от факела уменьшает скорость реакции горения и время образования оксидов азота, также концентрацию оксидов азота. Установлено, что выход термических оксидов азота определяется следующими

параметрами: максимальной локальной температурой факела T_{\max} , коэффициентом избытка воздуха и временем пребывания в зоне активного горения объёма газозадушной смеси при температуре превышающей T_{\max} .

Поэтому требуется дальнейшее изучение процессов сжигания газа в закрученном потоке с учётом конструктивных параметров вихревых горелочных устройств.

Формулировка целей статьи

Целью работы является численное исследование влияния конструктивных параметров вихревого газогорелочного устройства на рабочие процессы и эффективность сжигания газа в топке котла ДЕ-10/14.

Исследован вертикально-водотрубный газомазутный котел ДЕ-10-14ГМ с горелочным устройством ГМГ-7, предназначенный для производства насыщенного и слабо перегретого пара с температурой 225°C с абсолютным давлением 14 кгс/см^2 , номинальной производительностью 10 т/ч .

Математическая модель радиационно-конвективного теплообмена в газовом тракте котла сформирована на основе усреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса с учётом гравитации и с пре-небрежением сжимаемостью [13-24]. Модель составляют уравнение неразрывности, переноса импульса, энергии и химических компонентов газовой смеси, записанные в стационарной форме. Уравнения замкнуты законом Ньютона для тензора давления, законом Фурье для теплового потока, законом Фика для потока массы, законом Клайперона – Менделеева для термодинамического состояния смеси газов, уравнениями модели турбулентности $k-\epsilon$ Лаундера – Сполдинга и модели турбулентного горения Магнусена – Хертагера. Моделирование выполнено методом контрольного объёма [27].

Основная часть

Результаты численного исследования позволили определить средние и локальные значения скорости газов и распределение давления в топочном объёме. На рис. 1 а, б показаны в трёхмерном представлении течения газов при различных значениях угла установки лопаток в регистрах первичного и вторичного воздуха горелки ГМГ-7. Характер течений существенно отличается.

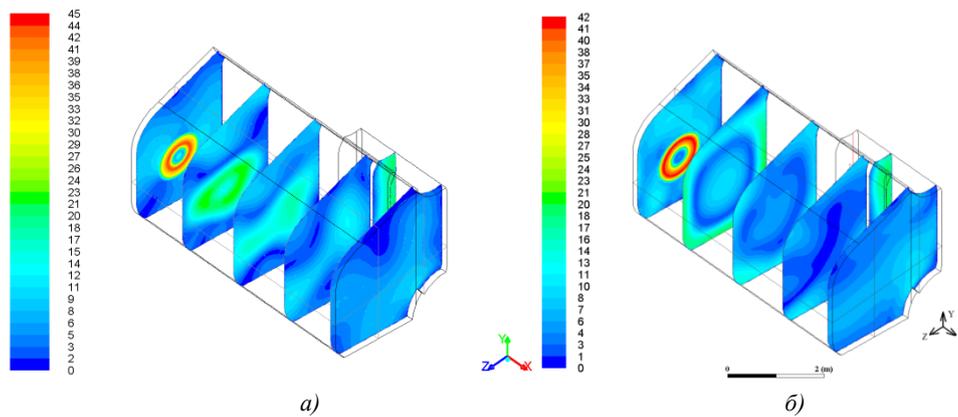


Рисунок 1 – Течения газов при различных значениях угла установки лопаток в регистрах первичного и вторичного воздуха: а) – $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$; б) – $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$

При значении углов установки лопаток $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$ наблюдается сильное V-образное раскрытие факела под углом 60° и приближение зоны горения к фронту топочной камеры и боковым тепло-обменным поверхностям. Скорость струй составляет 30-42 м/с на расстоянии 0,5-0,6 м от среза горелки, затем скорость снижается до 25-17 м/с. В центре ядра на оси топки скорость газов 13-16 м/с, ближе к периферии скорость снижается до 4-6 м/с. На расстоянии 2-2,5 м скорость газов низкая, и составляет от 4-2 м/с до 1 м/с в отдельных зонах. На оси топки на расстоянии 1,5-2 м образуется малоподвижная область, где происходит дожигание горючего газа. Для варианта $\varphi_1=60^\circ$, $\varphi_2=45^\circ$ результаты численного исследования показали, что на выходе из вихревой горелки профиль скорости имеет W-образную форму с провалом в приосевой зоне. Наблюдается снижение максимума скорости к периферии факела и образование зоны рециркуляции. Сложные траектории движения рециркулирующих газов приводят к увеличению аэродинамического сопротивления, возможности соприкосновения с низкотемпературными теплообменными поверхностями. Распределение

скорости газового потока в объеме топки показано на рис. 2 и 3. Средние значения скорости газов изменяются от 25 м/с до 5 м/с на выходе из топки. В продольно-горизонтальном сечении значение скорости на оси топки составляет 10,3 м/с, а вблизи боковых трубчатых поверхностей 2,5 м/с. В продольно-вертикальном сечении значения скорости вблизи верхнего барабана составляет 3 м/с, а вблизи нижнего барабана 3,2 м/с.

При значениях углов установки лопаток $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$ структура факела более устойчивая, факел осесимметричный длиной 2-2,5 м. Однако, при этом снижаются скорости газов до 10 м/с. Особенности аэродинамических процессов определяют различные температурные распределения газов в топочном объеме. Для варианта $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$ температура газов в V-образных струях составляет $1500-1700^\circ\text{C}$, а вблизи боковых поверхностей $1000-1100^\circ\text{C}$. Для варианта $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$ температура газов в W-образном факеле также составляет $1500-1700^\circ\text{C}$, а вблизи боковых экранных поверхностей $800-900^\circ\text{C}$, что и определяет различие в распределении плотности теплового потока в топочном объеме.

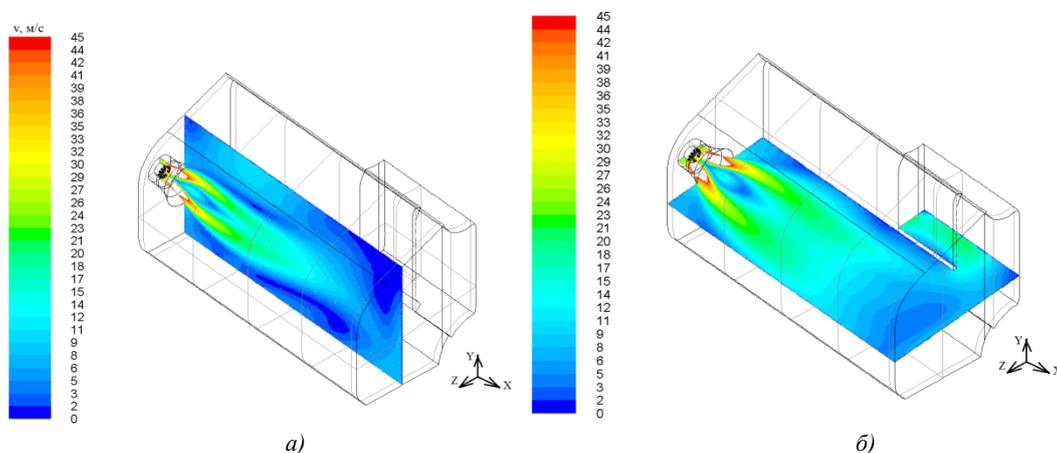


Рисунок 2 – Скорость течения газов при $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$: а) в вертикальном разрезе; б) – в горизонтальном разрезе.

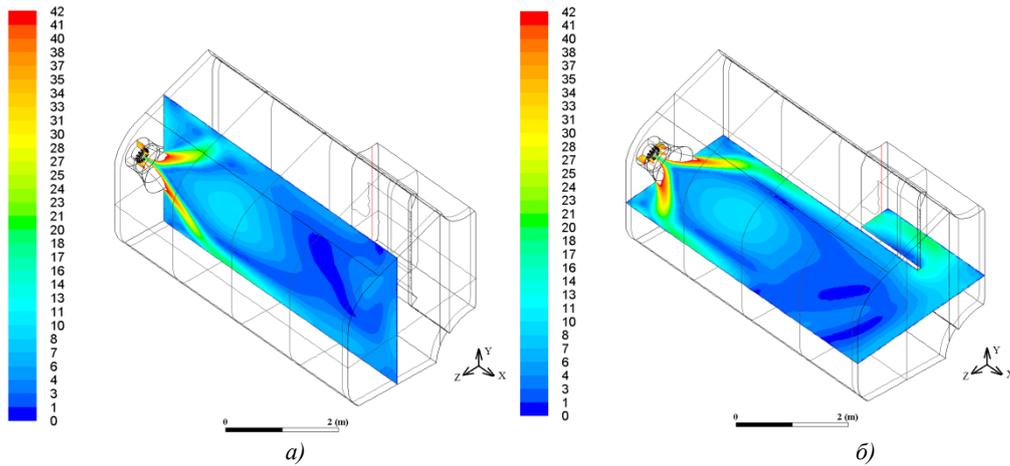


Рисунок 3 – Скорость течения газов при $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$: а) в вертикальном разрезе; б) – в горизонтальном разрезе.

На рис. 4 а, б приведены результаты расчёта параметров крутки потока и угла установки полей концентрации оксидов азота при различных лопаток регистров газовой горелки.

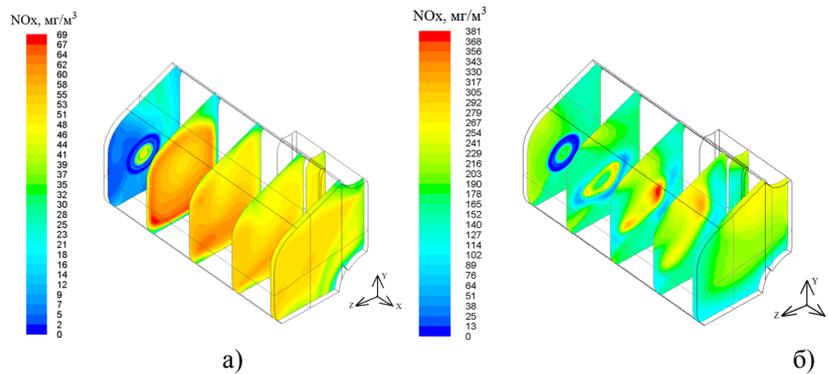


Рисунок 4 – Распределение концентрации оксидов азота в поперечных сечениях топки: а) – для варианта $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$; б) – для варианта $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$.

На рис. 5 и 6 показаны поля концентрации оксидов азота в продольном горизонтальном и вертикальном разрезах. Как видно, при угле установки лопаток в канале вторичного воздуха $\varphi_2=60^\circ$ наблюдается V-образный факел длиной 0,5-0,7 м с дожигание газа внутри раскрытого факела на оси топки на расстоянии 1,0-1,2 м от среза горелки. Образование оксидов азота происходит вблизи охлаждаемых экранных поверхностей, где происходит горение газозвушной смеси. Температура в струях V-образного факела составляет 1500-1700°C.

На оси топки происходит дожигание газа при более низких температурах. Поэтому значение концентрации оксидов азота на оси топки (рис. 5) составляет 50-67 мг/м³, а вблизи экранных поверхностей снижается до 40-46 мг/м³.

При угле установки лопаток $\varphi_2=45^\circ$ сжигание газа происходит в W-образном факеле длиной 1,5-1,8 м с дожиганием по всей длине факела на его внешней границе. Увеличивается длительность процесса горения и температура факела, поэтому концентрация оксидов азота повышается.

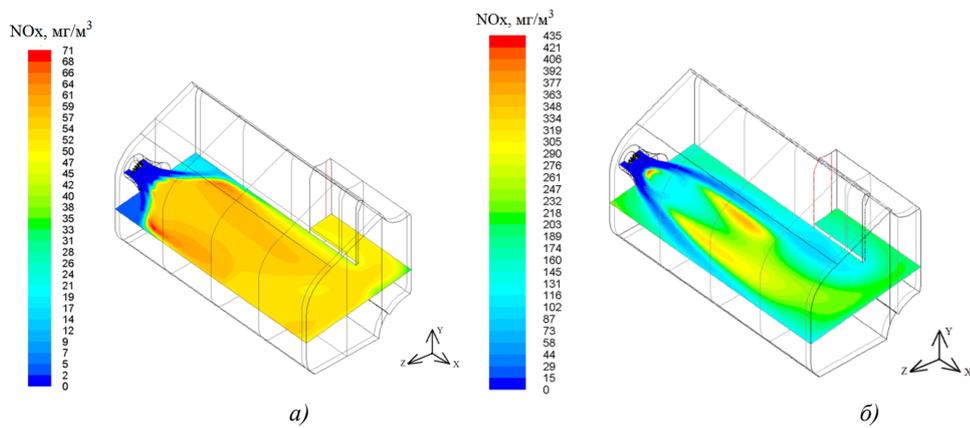


Рисунок 5 – Значения концентрации оксидов азота в горизонтальном сечении топки: а) – для варианта $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$; б) – для варианта $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$

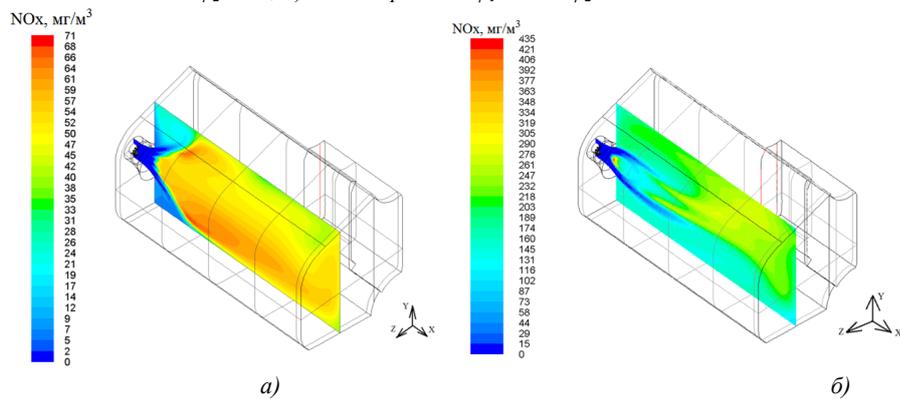


Рисунок 6 – Распределение концентрации оксидов азота по глубине топки в вертикальном сечении: а) – для варианта $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$; б) – для варианта $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$

Выводы

Результаты численного исследования показали, что угол установки лопаток регистра существенно влияет на процесс сжигания газа и теплообмен в топке котла ДЕ-10/14. При установке лопаток в регистре первичного воздуха $\alpha_b=0,15$, $\varphi_1=60^\circ$ и параметре крутки $n_1=2,4$, а в регистре вторичного воздуха $\varphi_2=45^\circ$ и $n_2=1,6$ при общем коэффициенте избытка воздуха $\alpha_b=1,10$ образуется устойчивый осесимметричный факел небольшого объема длиной 1,5-2 м, температура газа в ядре факела составляет 1500-1700°C, а вблизи экранных поверхностей 800-900°C, локальная плотность тепловых потоков изменяется по глубине топки от 52 кВт/м² до 43 кВт/м². При параметрах вихревой горелки $\varphi_1=45^\circ$ и $n_1=1,6$, $\varphi_2=60^\circ$ и $n_2=2,4$ наблюдается раскрытие факела под углом 60°, образование возвратных течений. Факел неустойчивый, короткий длиной 0,6-1,2 м. Горение происходит вблизи фронта топки. Температура газов на оси топки ниже, чем вблизи боковых стенок.

Результаты численного исследования показали, что угол установки лопаток в регистре вторичного воздуха должен не превышать $\varphi_2=60^\circ$ ($\alpha_b=0,15$) при двухступенчатом сжигании газа, кроме того, аэродинамическое сопротивление при движении топочных газов в случае $\varphi_2=60^\circ$ выше ($\Delta p=87$ Па), чем при значении угла установки лопаток $\varphi_2=45^\circ$ ($\Delta p=65$ Па). Определено, что для варианта установки лопаток с углами соответственно: $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$ среднее значение концентрации оксидов азота составляет 70-75 мг/м³. Сжигание газа в узких V-образных струях и интенсивное охлаждение продуктов сгорания вблизи боковых экранных поверхностей обеспечивает снижение выбросов оксидов азота. Для варианта $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$ сжигание газа происходит в V-образном факеле значительной длины 1,5-1,8 м, диаметром 1,0-1,5 м, что при температуре в ядре факела 1500-1700°C вызывает образование оксидов азота и на выходе из топки концентрация их составляет 160-168 мг/м³.

Література

1. Акопянц Б.Е. Недостатки конструкции промышленных котлов ДКВР-20-13 /Б.Е. Акопянц // *Новости теплоснабжения*. 2000. – №4. – С. 10-11.
2. Тайлашева Т. С. Анализ опыта эксплуатации котлов типа ДКВР / Т.С. Тайлашева // *Вестник науки Сибири*. 2014. – №3(13). – С.11-15.
3. Найдёнов Г.Ф. Газогорелочные устройства с регулируемыми характеристиками факела / Г.Ф. Найдёнов. – К.: Техніка. 1974. – 112с.
4. Найдёнов Г.Ф. Вихревые газовые горелки / Г.Ф. Найдёнов. – К.: Техніка. 1966. – 121с.
5. Щукин В.К. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах / В.К. Щукин, А.А. Халатов. – М.: Машиностроение. 1982. – 200с.
6. Ахмедов Р.Б. Дутьевые газогорелочные устройства / Р.Б. Ахмедов. – М. Недра. 1970.
7. Винтовкин А.А. Современные горелочные устройства. Конструкции и технические характеристики. Справочник / А.А. Винтовкин, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский, А.Б. Усачев. – М.:Машиностроение. 1. 2001. – 497с.
8. Халатов А.А. Компьютерные технологии в модернизации котлов и камер сгорания / А.А. Халатов, С.Г. Кобзарь // *Аква-терм*. 2007. – №1. – С.12–15.
9. Кутателадзе С.С. Аэродинамика и тепломассообмен в ограниченных вихревых потоках / С.С. Кутателадзе, Э.П. Волчков, В.И. Терехов. – Новосибирск: Ин-т теплофизики. 1987. – 282с.
10. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков / А.А. Халатов. – К.: Наукова думка, 1989. – 180с.
11. Долинский А.А. Использование компьютерного моделирования при малозатратной модернизации котла НИИСТУ-5 / А.А. Долинский, А.А. Халатов, С.Г. О.А. Кобзарь, Назаренко, А.А. Мецерыков // *Пром. Теплотехника*. 2007. – Т. 29, №5. – С. 80-91.
12. Басок Б.И. Численное моделирование процессов аэродинамики в топке водогрейного котла со вторичным излучателем / Б.И. Басок, В.Г. Демченко, М.П. Мар-тыненко // *Пром. Теплотехника*. 2006. – Т. 28, №1. – С. 17-22.
13. Хаустов С.А. Численное исследование аэродинамики жаротрубной топки с ре-версивным факелом / С.А. Хаустов, А.С. Заворин // *Изв. Томского политехнического университета*. 2013. Т. 323, – №4. – С.5-9.
14. Гупта А. Закрученные потоки: пер. с англ. / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред. – М.: Мир. 1987. – 588 с
15. Ассад М. С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образова-ние, расчет, эксперимент / М. С. Ассад, О. Г. Пенязьков. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 305 с.
16. Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: в 2 т. / Д. Андерсон, Дж. Танне-хилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 384 с.
17. Jakobsen H. A. *Chemical Reactor Modeling* / H. A. Jakobsen. – Springer, 2008. – P. 1244.
18. Peters N. *Turbulent combustion* / N. Peters. – Cambridge University Press. 2000. – P. 304.
19. Суржиков С. Т. Тепловое излучение газов и плазмы / С. Т. Суржиков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 544 с.
20. Launder B. E., Spalding D.B. *Lectures in Mathematical Models of Turbulence* / B. E. Launder, D. B. Spalding. – London: Academic Press, 1972. – P. 169.
21. Magnussen B. F. *On Mathematical Models of Turbulent Combustion With Special Emphasis on Soot Formation and Combustion* / B. F. Magnussen, B. H. Hjertager // *Sixteenth Symp. (Intern.) on Combustion*. – Pittsburg, PA : The Combustion Inst., 1976. – 747– 775p.
22. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости / К. Флетчер. – М.: Мир. 1991. – Т. 1. – 502 с.
23. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. Па-танкар. – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 152 с.
24. Murthy J. Y. *Finite Volume Method for Radiative Heat Transfer Using Unstructured Meshes* / J. Y. Murthy, S. R. Mathur // *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*. – 1998. – Vol. 12(3), No. 1. – P. 313– 321.
25. Chai J. C. *Discrete-Ordinates and Finite-Volume Methods for Radiative Heat Transfer* / J. C. Chai, S. V. Patankar // *Handbook of Numerical Heat Transfer*. – Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2009. – P. 310– 373.
26. Басс Л. П. Методы дискретных ординат в задачах о переносе излучения / Л. П. Басс, А. М. Волощенко, Т. А. Гермогенова. – М: ИПМ им. М. В. Келдыша, 1986. – 231 с.
27. Редько А.О. Моделювання процесів теплообміну в топках водотрубних котлів ДКВР(ДЕ)-10/14 / А.О. Редько, А.В. Давіденко, С.В. Павловський, В.С. Костюк // *Вісник НУ «Львівська політехніка»*. Серія: Теорія та практика будівництва. – 2016. – №844. – С.180-187. *Institute of Technology, Sligo* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://itsligo.ie/> – назва з екрану.

Статья поступила в редколлегию 07.04.2017

Рецензент: д.т.н., проф. А.Ф. Редько, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.

Редько Андрій Олександрович

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри ТГВ та ТВЕР, ORCID: 0000-0003-2331-7273

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

Павловська Анна Олександрівна

Аспірант, аспірант кафедри ТГВ та ТВЕР, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

Давіденко Анастасія В'ячеславівна

Аспірант, аспірант кафедри ТГВ та ТВЕР, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

Павловський Сергій Валерійович

Кандидат технічних наук, асистент, асистент кафедри ТГВ та ТВЕР, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СПАЛЮВАННЯ ГАЗОПОДІБНОГО ПАЛИВА У ВИХРОВОМУ ПАЛЬНИКУ КОТЛА ДЄ-10/14

Анотація. Наведено результати чисельного дослідження процесів спалювання газоподібного палива у вихровому пальнику котла ДЄ-10/14. Моделювання виконано методом контрольного об'єму, в припущенні, що монооксид азоту утворюється за класичним термічним механізмом Я.Б. Зельдовича. Чисельно визначено розподіл температури топкових газів, концентрації кисню і оксидів азоту в обсязі топки котла. Результати обчислювального експерименту робочих процесів в топці котла ДКВР-10/14 розширили і доповнили уявлення про процеси в закрученому факелі і їх особливості в різних зонах топкового обсягу. Для варіанту $\varphi_1=60^\circ$ і $\varphi_2=45^\circ$ спалювання газу відбувається в V-образному факелі значної довжини 1,5-1,8 м, діаметром 1,0-1,5 м, що при температурі в ядрі факела 1500-1700°C викликає утворення оксидів азоту і на виході з топки концентрація їх становить 160-168 мг/м³. Визначено, що для варіанту установки лопаток з кутами відповідно: $\varphi_1=45^\circ$ і $\varphi_2=60^\circ$ середнє значення концентрації оксидів азоту становить 70-75 мг/м³. Спалювання газу в вузьких V-образних струменях і інтенсивне охолодження продуктів згоряння поблизу бічних екранних поверхонь забезпечує зниження викидів оксидів азоту.

Ключові слова: чисельне дослідження; процеси спалювання; газоподібне паливо; вихровий пальник; паровий котел

Redko Andriy

Doctor of Technical Sciences., professor, professor of the Department Heat, Gas Supply and Ventilation, and Using Thermal Secondary ORCID: 0000-0003-2331-7273, Kharkiv National University of Building and Architecture, Kharkiv

Pavlovskaya Anna

Post-graduate student, post-graduate student of the Department Heat, Gas Supply and Ventilation, and Using Thermal Secondary, Kharkiv National University of Building and Architecture, Kharkiv

Davidenko Anastasiia

Post-graduate student, post-graduate student of the Department Heat, Gas Supply and Ventilation, and Using Thermal Secondary, Kharkiv National University of Building and Architecture, Kharkiv

Pavlovskii Sergii

Doctor of Philosophy, assistant, assistant of the Department Heat, Gas Supply and Ventilation, and Using Thermal Secondary, Kharkiv National University of Building and Architecture, Kharkiv

«NUMERICAL STUDIES THE PROCESS OF BURNING GASEOUS FUELS IN THE VORTEX BURNER OF THE BOILER DE-10/14»

Abstract. The results of a numerical study of the combustion of gaseous fuels in a vortex burner of a DE-10/14 boiler are presented. The influence of the twist parameter of the flow at different angles of installation of the blades of the GMG-7 torch swirler on the formation of nitrogen oxides in the furnace of the boiler is established. The simulation is performed by the control volume method, assuming that nitrogen monoxide is formed according to the classical thermal mechanism of Ya.B. Zeldovich. The distribution of the temperature of the flue gases, the concentration of oxygen and nitrogen oxides in the volume of the boiler furnace is numerically determined. The results of a computational experiment of working processes in the furnace of the boiler DKVR-10/14 broadened and supplemented the notion of processes in a swirling flare and their features in various areas of the furnace volume. For the variant $\varphi_1=60^\circ$ and $\varphi_2=45^\circ$, gas combustion takes place in a V-shaped torch of considerable length 1.5-1.8 m, diameter 1.0-1.5 m, which at a temperature in the core of the torch is 1500-1700°C causes the formation of nitrogen oxides and at the outlet from the furnace their concentration is 160-168 mg/m³. It is determined that for the installation of blades with angles, respectively: $\varphi_1=45^\circ$ and $\varphi_2=60^\circ$, the average value of the concentration of nitrogen oxides is 70-75 mg/m³. The combustion of gas in narrow V-shaped jets and intensive cooling of combustion products near the side shield surfaces provides a reduction in nitrogen oxide emissions.

Keywords: numerical investigation; combustion processes; gaseous fuel; vortex burner; steam boiler