

УДК 621.184.004

Редько А.А., Павловская А.А., Давиденко А.В., Куликова Н.В., Редько И.А.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТОПКЕ ВОДОТРУБНОГО КОТЛА ДЕ-10/14 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА

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.

Введение. 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 [1, 2]. Реконструкция газогорелочного устройства позволяет произвести малозатратную реконструкцию котлов ДЕ-10/14. Поэтому исследование аэродинамических процессов в топке котла является актуальной задачей.

Состояние и постановка проблемы. 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. Аэродинамические процессы в топках котлов исследовались в работах [1–4, 7, 8, 10–12]. 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 настиление факела на днище топочной камеры и наброс на боковые теплообменные поверхности. Углы наклона лопаток регист-

ров 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 объеме 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 объеме топки. Конвективный теплообмен газов с экранными трубными пучками также определяется интенсивностью аэродинамических процессов при вихревом движении газов. Поэтому требуется дальнейшее изучение процессов сжигания газа в закрученном потоке с учётом конструктивных параметров вихревых горелочных устройств.

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

Объект и методика исследования. Исследован вертикально-водотрубный газомазутный котел ДЕ-10-14ГМ с горелочным устройством ГМГ-7, предназначенный для производства насыщенного и слабо перегретого пара с температурой 225 °С с абсолютным давлением 14 кгс/см², 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 пренебрежением 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 - ϵ Лаундера–Сполдинга и модели турбулентного горения Магнусена–Хертагера. Моделирование выполнено методом контрольного объема [27].

Основные результаты и их обсуждение. Результаты численного исследования позволили определить средние и локальные значения скорости газов и распределение давления в топочном объеме. На рис. 1а, 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.

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 теплообменным поверхностям. Скорость струй составляет $30 \div 42$ м/с на расстоянии $0,5 \div 0,6$ м от среза горелки, затем скорость снижается до $25 \div 17$ м/с. В центре ядра на оси топки скорость газов $13 \div 16$ м/с, ближе к периферии скорость снижается до $4 \div 6$ м/с. На расстоянии $2 \div 2,5$ м скорость газов низкая, и составляет от $4 \div 2$ м/с до 1 м/с в отдельных зонах. На оси топки на расстоянии 1,5–2 м образуется мало-подвижная 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. На-

блюдается 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.

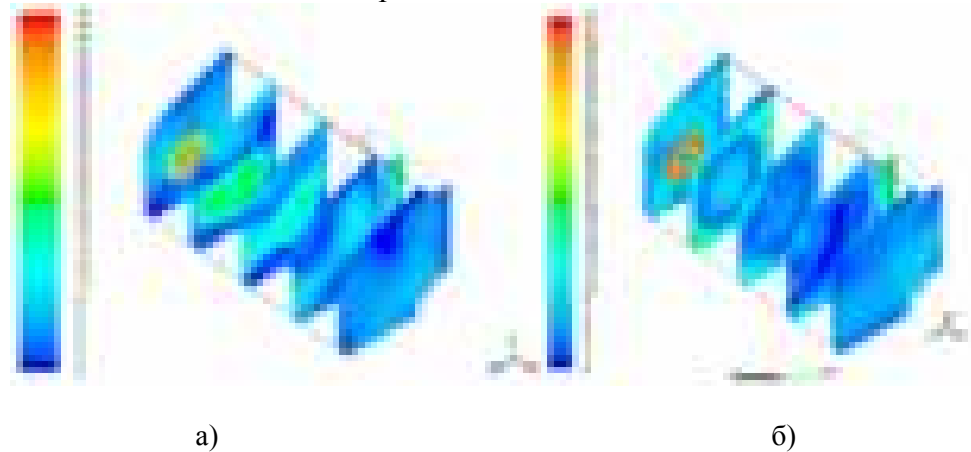


Рисунок 1 – Течения газов при различных значениях угла установки лопаток в регистрах первичного и вторичного воздуха: а) – $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$; б) – $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$

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.

Давление газов в топке изменяется от 154,7 Па на выходе из горелки до 73,0 Па на выходе из топки. Перепад давления газов по глубине топки составляет 87 Па. Статическое давление повышается от 50 Па до 69,4 Па на выходе из топки. На расстоянии 1,5÷2 м и дальше статическое давление газов практически постоянное (61,9÷69,4 Па), как показано на рис. 4.

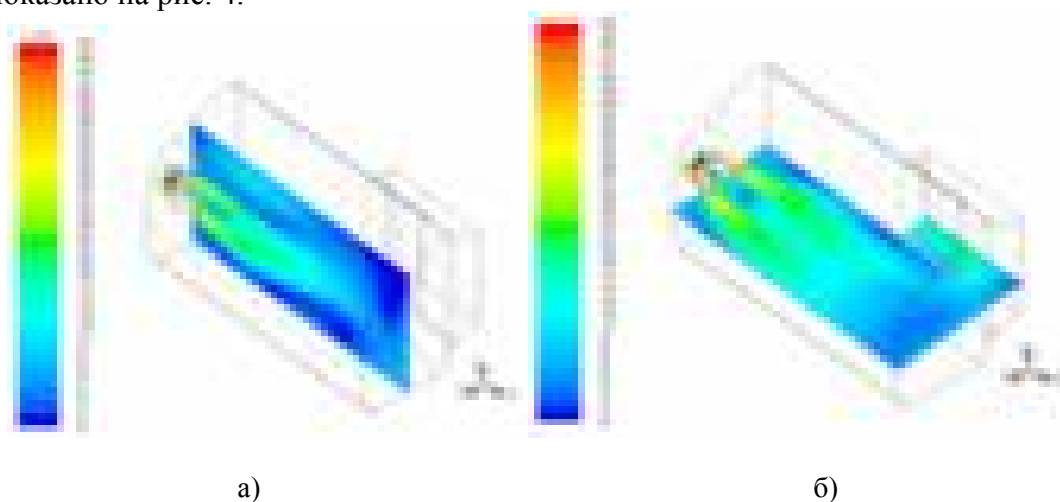


Рисунок 2 – Скорость течения газов при $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$: а) в вертикальном разрезе; б) – в горизонтальном разрезе

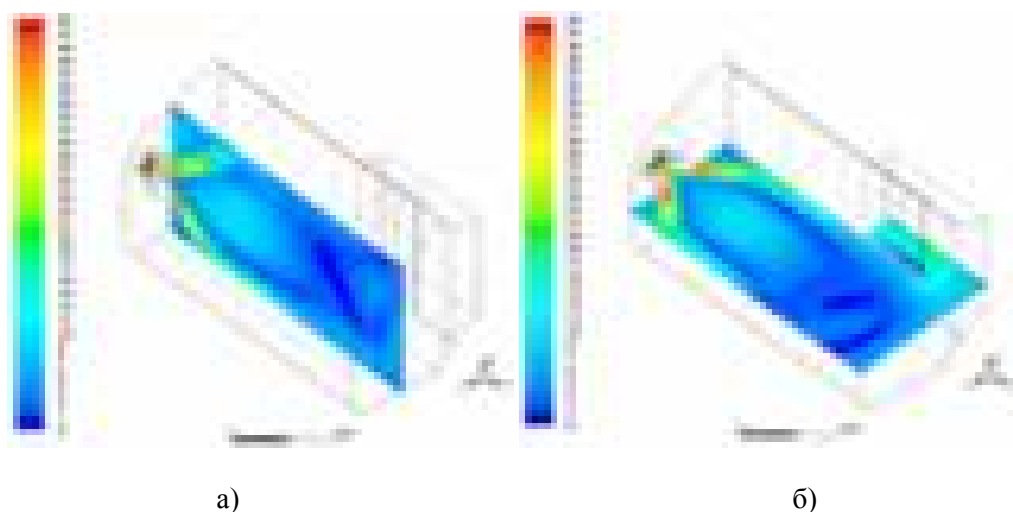


Рисунок 3 – Скорость течения газов при $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$:
а) в вертикальном разрезе; б) – в горизонтальном разрезе

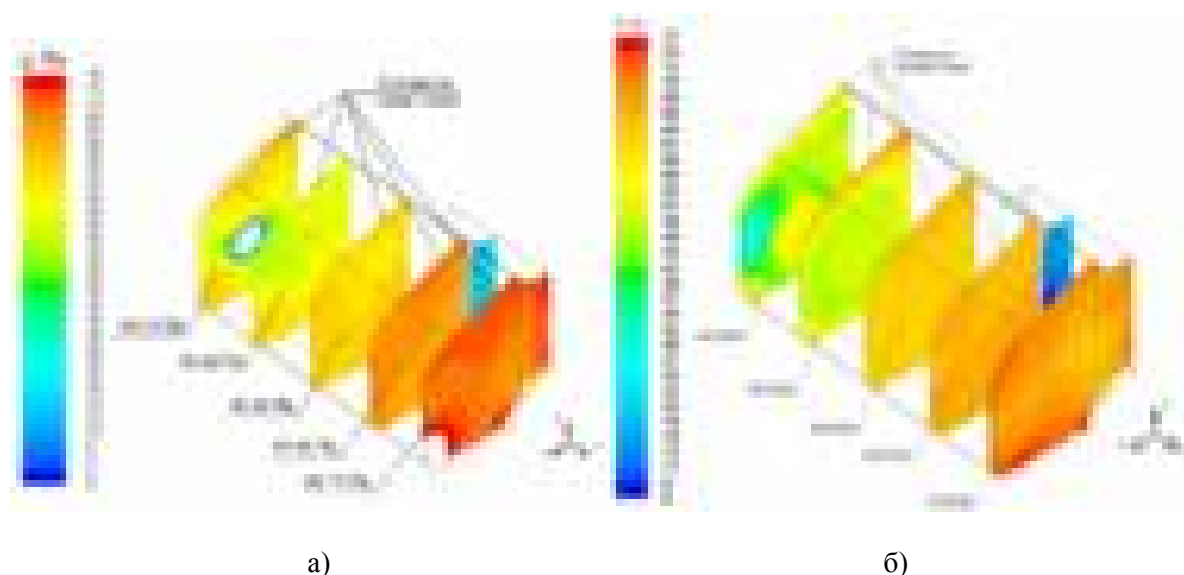


Рисунок 4 – Статическое давление газов по длине топки:
а) – $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$; б) – $\varphi_1=45^\circ$ и $\varphi_2=60^\circ$

Для варианта с – $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$ изолинии полного избыточного давления указывают на его снижение по длине топки. Общее падение давления по длине топки составляет 65 Па. На периферии факела давление потока газов снижается от 60 Па до 5 Па. Статическое давление газов по длине топки возрастает. Пониженное давление вблизи горелки вызывает образование возвратных течений к фронту топки и неустойчивость структуры короткого факела.

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 °С, а вблизи боковых поверхностей

1000÷1100 °С. Для варианта $\varphi_1=60^\circ$ и $\varphi_2=45^\circ$ температура газов в W-образном факеле также составляет 1500÷1700 °С, а вблизи боковых экранных поверхностей 800÷900 °С, что и определяет различие в распределении плотности теплового потока в топочном объеме [27].

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 °С, а вблизи экранных поверхностей 800–900 °С, 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).

Литература

1. Акопьянц Б.Е. Недостатки конструкции промышленных котлов ДКВР-20-13 / Б.Е. Акопьянц // 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. – 112 с.
4. Найденов Г.Ф. Вихревые газовые горелки / Г.Ф. Найдёнов. – К.: Техніка. 1966. – 121 с.
5. Щукин В.К., Халатов А.А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах / В.К. Щукин, А.А. Халатов. – М.: Машиностроение. 1982. – 200 с.
6. Ахмедов Р.Б. Дутьевые газогорелочные устройства / Р.Б. Ахмедов. – М. Недра. 1970.
7. Винтовкин А.А., Ладыгичев М.Г., Гусовский В.Л., Усачев А.Б. Современные горелочные устройства. Конструкции и технические характеристики. Справочник / А.А. Винтовкин, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский, А.Б. Усачев. – М.: Машиностроение. 1. 2001. – 497 с.
8. Халатов А.А., Кобзарь С.Г. 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., Волчков Э.П., Терехов В.И. Аэродинамика и тепломассообмен в ограниченных вихревых потоках / С.С. Кутателадзе, Э.П. Волчков, В.И. Терехов. – Новосибирск: Ин-т теплофизики. 1987. – 282 с.

10. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков / А.А. Халатов. – К.: Наукова думка, 1989. – 180 с.
11. Долинский А.А., Халатов А.А., Кобзарь С.Г., Назаренко О.А., Мещеряков 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. Мещеряков // Пром. Теплотехника. 2007. – Т. 29, №5. – С. 80–91.
12. Басок Б.И., Демченко В.Г., Мартыненко М.П. Численное моделирование процессов аэродинамики в топке водогрейного котла со вторичным излучателем / Б.И. Басок, В.Г. Демченко, М.П. Мартыненко // Пром. Теплотехника. 2006. – Т. 28, №1. – С. 17–22.
13. Хаустов С.А., Заворин А.С. Численное исследование аэродинамики жаротрубной топки с реверсивным факелом / С.А. Хаустов, А.С. Заворин // Изв. Томского политехнического университета. 2013. Т. 323, – №4. – С. 5–9.
14. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки: пер. с англ. / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред. – М.: Мир. 1987. – 588 с.
15. Ассад М. С., Пенязьков О. Г. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, 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. Таннехилл, 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., Hjertager B.H. 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. – P. 747–775.
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. Патанкар. – 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., Давиденко А.В., Павловский С.В. та інш. Моделювання процесів теплообміну в топках водотрубних котлів ДКВР(ДЕ)-10/14 / А.О. Редько, А.В. Давиденко, С.В. Павловський, В.Є. Костюк // Вісник НУ «Львівська політехніка». Серія: Теорія та практика будівництва. – 2016. – №844. – С. 180–187.

Bibliography (transliterated)

1. Akopyants B.E. Nedostatki konstruksii promyshlennyih kotlov DKVR-20-13 /B.E. Akopyants // *Novosti teplosnabzheniya*. 2000. – #4. – P. 10–11.
2. Taylasheva T. S. Analiz opyita ekspluatatsii kotlov tipa DKVR / T.S. Taylasheva // *Vestnik nauki Sibiri*. 2014. – #3(13). – P. 11–15.
3. Naydyonov G.F. Gazogorelochnyye ustroystva s reguliruemymi harakteristikami fakela / G.F. Naydyonov. – K.: Tehnika. 1974. – 112 p.
4. Naydenov G.F. Vihrevyye gazovyye gorelki / G.F. Naydyonov. – K.: Tehnika. 1966. – 121 p.
5. Schukin V.K., Halatov A.A. Teploobmen, massoobmen i gidrodinamika zakruchennyih potokov v osesimmetrichnyih kanalah / V.K. Schukin, A.A. Halatov. – M.: Mashinostroenie. 1982. – 200 p.
6. Ahmedov R.B. Dutevyye gazogorelochnyye ustroystva / R.B. Ahmedov. – M. Nedra. 1970.
7. Vintovkin A.A., Ladyigichev M.G., Gusovskiy V.L., Usachev A.B. Sovremennyye gorelochnyye ustroystva. Konstruksii i tehicheskie harakteristiki. Spravochnik / A.A. Vintovkin, M.G. Ladyigichev, V.L. Gusovskiy, A.B. Usachev. – M.: Mashinostroenie. 1. 2001. – 497 p.
8. Halatov A.A., Kobzar S.G. Kompyuternyye tehnologii v modernizatsii kotlov i kamer sgoraniya / A.A. Halatov, S.G. Kobzar // *Akva-term*. 2007. – #1. – P. 12–15.
9. Kutateladze S.S., Volchkov E.P., Terehov V.I. Aerodinamika i teplomassoobmen v ogranichennyih vihrevyih potokah / S.S. Kutateladze, E.P. Volchkov, V.I. Terehov. – Novosibirsk: In-t teplofiziki. 1987. – 282 p.
10. Halatov A.A. Teoriya i praktika zakruchennyih potokov / A.A. Halatov. – K.: Naukova dumka, 1989. – 180 p.
11. Dolinskiy A.A., Halatov A.A., Kobzar S.G., Nazarenko O.A., Mescheryakov A.A. Ispolzovanie kompyuternogo modelirovaniya pri malozatratnoy modernizatsii kotla NIISTU-5 / A.A. Dolinskiy, A.A. Halatov, S.G. O.A. Kobzar, Nazarenko, A.A. Mescheryakov // *Prom. Teplotehnika*. 2007. – T. 29, #5. – P. 80–91.
12. Basok B.I., Demchenko V.G., Martyinenko M.P. Chislennoe modelirovanie protsessov aerodinamiki v topke vodogreynogo kotla so vtorychnym izluchaetelem / B.I. Basok, V.G. Demchenko, M.P. Martyinenko // *Prom. Teplotehnika*. 2006. – T. 28, #1. – P. 17–22.
13. Haustov S.A., Zavorin A.S. Chislennoe issledovanie aerodinamiki zharotrubnoy topki s reversivnyim fakelom / S.A. Haustov, A.S. Zavorin // *Izv. Tomskogo politehnicheskogo universiteta*. 2013. T. 323, – #4. – P. 5–9.
14. Gupta A., Lilli D., Sayred N. Zakruchennyie potoki: per. s angl. / A. Gupta, D. Lilli, N. Sayred. – M.: Mir. 1987. – 588 p.
15. Assad M. S., Penyazkov O. G. Produktyi sgoraniya zhidkih i gazoobraznyih topliv: obrazovanie, raschet, eksperiment / M. S. Assad, O. G. Penyazkov. – Minsk: Belarus. navuka, 2010. – 305 p.
16. Anderson D. Vyichislitel'naya gidromekhanika i teploobmen : v 2 t. / D. Anderson, Dzh. Tannehill, R. Pletcher. – M. : Mir, 1990. – T. 1. – 384 p.
17. Jakobsen H. A. Chemical Reactor Modeling / H. A. Jakobsen. – Springer, 2008. – R. 1244.
18. Peters N. Turbulent combustion / N. Peters. – Cambridge University Press. 2000. – R. 304.

19. Surzhikov S.T. Teplovoe izluchenie gazov i plazmy / S.T. Surzhikov. – M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana, 2004. – 544 p.
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., Hjertager B.H. 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. – P. 747–775.
22. Fletcher K. Vyichislitelnyie metodyi v dinamike zhidkosti / K. Fletcher. – M.: Mir. 1991. – T. 1. – 502 p.
23. Patankar S. Chislennyye metodyi resheniya zadach teploobmena i dinamiki zhidkosti / S. Patankar. – M.: Energoatomizdat. 1984. – 152 p.
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. Bass L.P. Metodyi diskretnyih ordinat v zadachah o perenose izlucheniya / L.P. Bass, A.M. Voloschenko, T.A. Germogenova. – M: IPM im. M.V. Keldyisha, 1986. – 231 p.
27. Redko A.O., Davidenko A.V., Pavlovskiy S.V. ta insh. Modelyuvannya protsesiv teploobminu v topkakh vodotrubnih kotliv DKVR(DE)-10/14 / A.O. Redko, A.V. Davidenko, S.V. Pavlovskiy, V.E. Kostyuk // Visnik NU «Lvivska politehnika». Seriya: Teoriya ta praktyka budivnitstva. – 2016. – #844. – P. 180–187.

УДК 621.184.004

Редько А.О., Павловська А.О., Давіденко А.В., Кулікова Н.В., Редько І.О.

АЕРОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТОПЦІ ВОДОТРУБНОГО КОТЛА ДЕ-10/14 ПРИ РІЗНИХ ПАРАМЕТРАХ ЗАКРУЧЕНОГО ПОТОКУ

Наведено результати чисельного моделювання процесу спалювання газу, розподілів швидкості і тиску топкових газів в залежності від конструктивних параметрів вихрового пальника. Показано вплив характеристик закрученого потоку газів на структуру факела і процеси спалювання газу, розподіл температури і теплообмін в топковому об'ємі.

Redko A.O., Pavlovskaya A.O., Davidenko A.V., Kulikova N.V., Redko I.O.

AERODYNAMIC PROCESSES IN THE FURNACE WATER-TUBE BOILERS DE-10/14 AT VARIOUS PARAMETERS SWIRLING FLOW

The results of numerical modeling of gas combustion, distribution of speed and pressure of the flue gases depending on the design parameters of the vortex burner. The influence of swirling gas flow characteristics to the flame structure and the processes of gas combustion, heat transfer and temperature distribution in the furnace volume.