

Шадрин Е.Ю.<sup>1,2</sup>, Ануфриев И.С.<sup>1</sup><sup>1</sup> Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН,  
630090, Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 1<sup>2</sup> Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,  
630090, Россия, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

В настоящее время одной из наиболее перспективных технологий повышения эффективности и экологичности котельных установок ТЭС является факельное сжигание пылеугольного топлива в вихревом потоке. Потребности в создании новых технологий, использующих данный подход, обусловлены перспективами развития угольной энергетики. Вихревой перенос является основой всего процесса сжигания в вихревой топке. Закрутка потока в топочной камере приводит к его стабилизации, интенсификации процессов теплопереноса за счет усиления перемешивания и увеличения времени пребывания частиц топлива в камере горения, что позволяет уменьшить габариты топки и котлоагрегата в целом. Поэтому при разработке или модернизации топочных устройств, использующих вихревую технологию сжигания, необходимо детальное изучение сложной пространственной структуры их внутренней аэродинамики.

В данной работе, в развитие предыдущих работ авторов [1, 2], исследуется трехмерная структура закрученного изотермического потока в модели вихревой топки (габаритные размеры 300×1200×300 мм) с распределенным вводом воздушных струй [3]. Наличие в вихревой топке рассредоточенных по периметру (условной окружности камеры горения) горелочных струй, ориентированных в противоположных направлениях, обеспечивает гибкость управления структурой течения и режимными параметрами, а вращение потока способствует повышению полноты выгорания топлива.

Измерение поля скорости закрученного течения проведено с использованием трехкомпонентного полупроводникового лазерного доплеровского анемометра ЛАД-056. Эксперименты выполнены при числе Рейнольдса  $Re=3 \cdot 10^5$  в центральном объеме камеры сгорания (70×150×150 мм) в узлах сетки с пространственным шагом 5 мм (по всем направлениям). Концентрация трассеров позволяла измерительной системе регистрировать до 500 частиц/с, при этом в каждой точке измерение длилось 20 с.

Для идентификации вихревых структур на основе полученных результатов исследований трехмерного поля средней скорости применялись критерии  $\lambda_2$  и Q [4, 5], а также критерий «минимума полного давления» [5]:  $p_0 = p - p_{атм} + p_{дин}$  (где  $p$  – статическое давление,  $p_{атм}$  – атмосферное давление,  $p_{дин} = \rho \mathbf{u}^2 / 2$  – динамическое давление). Тестирование алгоритма обработки экспериментальных данных по критериям  $\lambda_2$  и Q проводилось на основе известного аналитического решения для вихря Бюргера [6]. При обработке экспериментальных данных предполагалось, что статическое давление в центральной области вихревого

потока изменяется слабо и минимум  $p_0$  определяется динамическим давлением. На рис. 1-а представлена изоповерхность, которая визуализирует вихревое ядро потока, имеющее характерную V-образную форму. На рисунке 1-б представлены результаты обработки полученных экспериментальных данных с использованием Q-критерия в плоскости ZOY ( $x=115$  мм), которые также демонстрируют выраженную V-образную структуру.

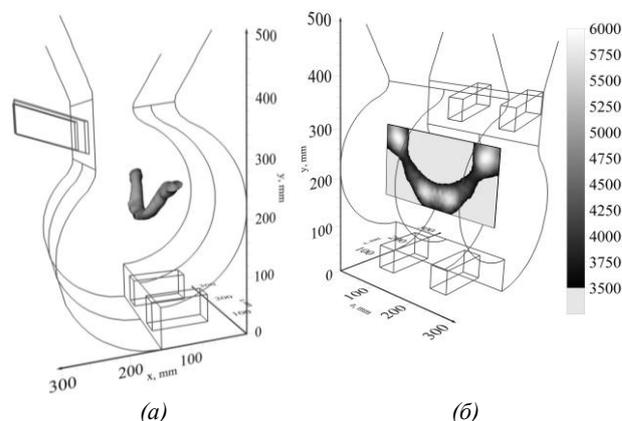


Рис.1. (а) Изоповерхность динамического давления  $p_{дин}=1$  Па в вихревой камере сгорания; (б) Распределение Q-критерия, ( $c^{-2}$ ).

## Список литературы:

1. Anufriev I.S., Kopyev E.P., Krasinsky D.V., Salomatov V.V., Shadrin E.Yu., Sharypov O.V. Numerical modelling of coal combustion processes in the vortex furnace with dual-port loading // Energy and Power Eng. 2013. Vol.5. pp.306-310.
2. Аникин Ю.А., Ануфриев И.С. Красинский Д.В., Саломатов В.В., Шадрин Е.Ю., Шарыпов О.В. Физическое и численное моделирование внутренней аэродинамики вихревой топки с рассредоточенным тангенциальным вводом горелочных струй // Вестник НГУ. Серия: Физика. – 2013. – Т.8, вып.2. С.86-94.
3. Авторское свидетельство на изобретение № 2042084, 20.08.1995. «Вихревая топка». Голованов Н.В., Накоряков В.Е., Бурдуков А.П., Саломатов В.В., Дорожков А.А.
4. Jeong J., Hussain F. On the identification of a vortex // J.Fluid Mech. 1995, Vol.285, pp.69-94.
5. Dubief Y, Delcayre F. On coherent-vortex identification in turbulence // Journal of Turbulence. (2000) 011. 22 p.
6. Chakraborty P., Balachandar S., Adrian R.J. On the relationships between local vortex identification schemes // J. Fluid Mech. 2005, Vol.535, pp.189–214.
7. Ануфриев И.С., Красинский Д.В., Шадрин Е.Ю., Шарыпов О.В. Визуализация структуры потока в вихревой топке // Письма в ЖТФ, 2014. Т.40, вып.19, С.104-110.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-19-00137), стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ СП-987.2012.1) и гранта Президента РФ по господдержке ведущих научных школ РФ (№ НШ-5762.2014.8)