

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ  
ТРЕХХОДОВОГО ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА VIORPLEX 300**

Хаустов С.А., Кудряшова Л.Д., Щелкунова А.В., Буваков К.В.

Томский политехнический университет г. Томск

E-mail: khaustovsa@tpu.ru

Жаротрубный котел изобрели в 19 веке для увеличения паропроизводительности обычных цилиндрических котлов, не изменяя их размеров, путем развития внутренних поверхностей нагрева. В наше время жаротрубные котлы не потеряли своей актуальности, а даже наоборот промышленность переживает бум строительства автономных источников теплоснабжения малой мощности на базе таких котлов. Коэффициент полезного действия (КПД) «жаротрубников», как правило, достигает 90–95 %, при этом они обладают лучшей ремонтпригодностью и стоят значительно дешевле своих водотрубных аналогов.

Однако зачастую практика конструирования жаротрубных котлов в России имеет такую особенность, как отсутствие наработанных конструкций, в результате чего котлоагрегаты обладают невысоким ресурсом и зачастую сопровождаются не подтверждающимися на практике паспортными данными. Одной из причин такой ситуации является недостаточная научная проработка вопроса конструирования жаротрубных котлов и, как следствие, отсутствие четкой нормативно-расчетной базы для их конструирования.

Целью данной работы является изучение газоздушного тракта трехходового жаротрубного котла Viessmann Vitoplex 300 и выявление особенностей аэродинамической структуры топочной среды.

Аэродинамические расчеты выполнялись методом конечных элементов на основе законов неразрывности струй и сохранения энергии. Расчёт лучистого теплообмена проведен методом сферических гармоник в первом приближении (P1-модель). Для моделирования турбулентности использована модификация RNG k-ε-модели. Достоверность выбранной математической модели подтверждена натурными испытаниями [1, 2].

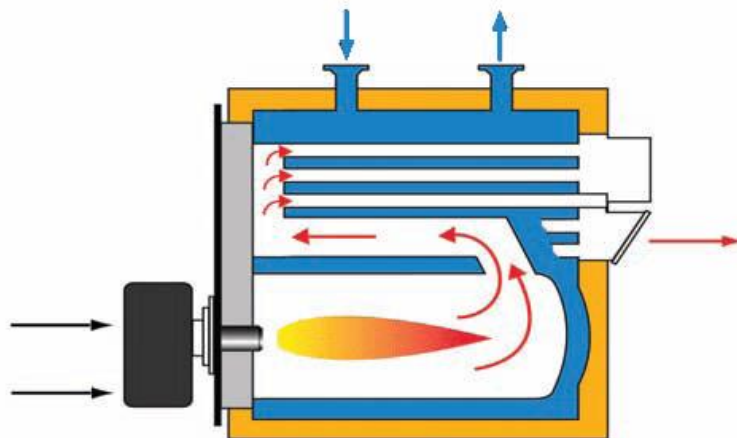


Рис. 1. Схема газоходного тракта жаротрубного котла Vitoplex 300:

- ▶ подвод воздуха;
- ▶ подача и отвод сетевой воды;
- ▶ траектории движения дымовых газов

Конструктивная схема жаротрубного котла предполагает размещение в водяном объеме внутри внешней прочной оболочки котла цилиндрической топки и дымогарных труб конвективных поверхностей. Котел имеет трехходовую компоновку. Развитие факела и движение продуктов сгорания по топочному объему с осевым пролетным (без разворота факела) движением газов считается первым ходом. Затем дымовые газы совершают по конвективной части два хода с разворотом продуктов сгорания между пучками дымогарных труб на 180 градусов.

Конструкция исследуемого трехходового котла (рис. 1) по сравнению с широко распространенными в России двухходовыми аналогами имеет большую конвективную поверхность нагрева (дымогарных труб) и за счет этого позволяет увеличить глубину охлаждения продуктов сгорания, уменьшить теплотери с теплом уходящих газов и в результате повысить КПД котлоагрегата.

Результаты численного моделирования, представлены в виде стационарных полей осреднённых характеристик течения. Линии тока, окрашенные согласно температуре в продольном сечении расчётной области (рис. 2), позволяют выделить основные особенности формирования топочной среды в ходе исследуемых процессов.

Использование завихрителя горелки в исследуемом котле приближает зону максимального тепловыделения к горелке. Это позволяет интенсифицировать воспламенение и уменьшить длину факела, но влечет за собой увеличение локальных тепловых потоков (рис. 3), что, в свою очередь, является фактором роста генерации оксидов азота [3].

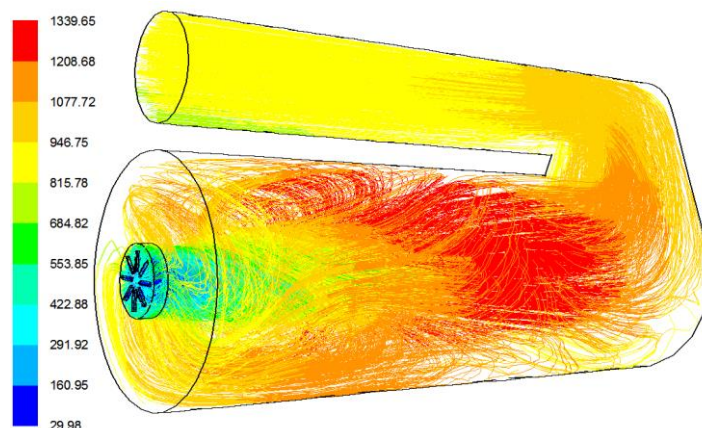


Рис. 2. Линии тока с цветовой индексацией по температуре топочной среды ( $^{\circ}\text{C}$ )

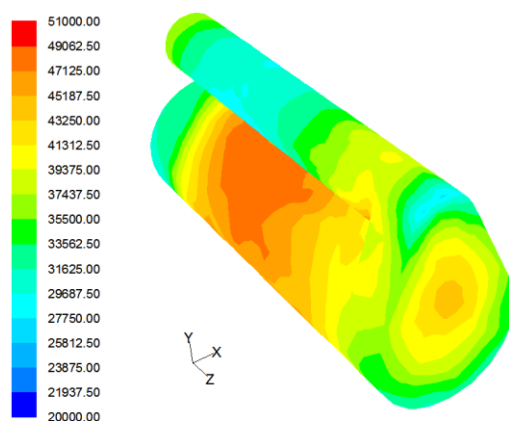


Рис. 3. Контурный график тепловых потоков через стены жаровой трубы ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ )

Для топок жаротрубных котлов необходим правильный подбор горелки не только по мощности, но и по соответствию конфигурации и размеров факела горелки топке котла. Должен быть исключен даже локальный «наброс» факела на холодную стенку топки во всех режимах ее работы. С целью исключения «наброса» факела на днище топочной камеры была проанализирована интенсивность выгорания метана в продольном сечении расчётной области. Линии тока с цветовой индексацией по тепловыделению в топке (рис. 4) свидетельствуют, что закрутка потока ускоряет его выгорание благодаря существенной интенсификации смещения горючего с воздухом.

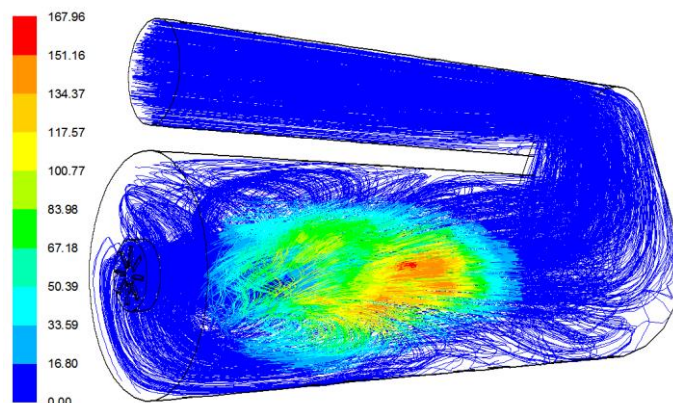


Рис. 4. Линии тока с цветовой индексацией по тепловыделению в топке (Вт)

Анализ полученных данных по выгоранию метана позволяет заключить, что даже в случае применения прямоточных горелок в исследуемом котле при работе на номинальной мощности «наброс» факела на стены жаровой трубы маловероятен.

#### Список литературы:

1. Хаустов С.А., Заворин А.С., Фисенко Р.Н. Численное исследование процессов в жаротрубной топке с реверсивным факелом // Известия Томского политехнического университета – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Т. 322 – № 4. – С. 43 – 47.
2. Хаустов С.А., Заворин А.С. Численное исследование аэродинамики жаротрубной топки с реверсивным факелом // Известия Томского политехнического университета – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Т. 323 – № 4. – С. 5–8.
3. Кузнецов Н.М., Блинов Е.А. Основы теории топочных процессов: учеб. пособие. – Л.: СЗПИ, 1990. – 70 с.

УДК 532.517.4

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ЗЕРНИСТОЙ СРЕДЫ В КООКСИАЛЬНОМ БУНКЕРЕ

Чинчикеева Н.А., Шваб А.В., д.ф.-м.н.

Томский государственный университет, г. Томск

E-mail: [chinchikeeva@gmail.com](mailto:chinchikeeva@gmail.com)

В настоящее время широко применяются пневматические циркуляционные аппараты для перемешивания, сушки, дозирования и транспортирования зернистых материалов при высокой концентрации компонентов смеси. Поэтому актуальной задачей является разработка математических моделей, описывающих гидродинамику и теплообмен высококонцентрированных гранулированных материалов.