

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОАКСИАЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СТРУЙ В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Вера ГУЦУЛ¹
Никита ЗАЙЦЕВ²
Олег ЗАЙЦЕВ²

¹ *Departamentul Alimentații cu Căldură, Gaze, Apă și Protecția Mediului, Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei*

² *Departament TES și ET, National polytechnical university, or. Odessa, Ukraine*

*Autorul corespondent: Oleg ZAITSEV, e-mail: zon@ukr.net

Резюме. В работе рассмотрено перспективное направление по управлению полем скорости и температуры в ограниченном пространстве за счет их аэродинамики взаимодействия закрученных и прямоочных струй. На основе выполненной численной модели взаимодействия внутренней, осевой прямоочной струи с внешней, коаксиальной, закрученной струей получены результаты исследования поля скорости изотермического и неизотермического такого взаимодействия, что позволило выявить условия устойчивого их взаимодействия. Полученные результаты подтверждают возможность управления полем скорости и распределением температуры при изменении суммарного расхода в струях и при варьировании степени крутки внешней коаксиальной струи. Также в работе доказано соответствие температурного поля скоростному при взаимодействии неизотермических струй.

Ключевые слова: энергоэффективность, поле скорости, поле температуры, аэродинамика, взаимодействие струй, топка.

В настоящее время широкое распространение получили закрученные струи, в основном в процессах производства тепловой энергии. Также они распространены в процессах, связанных с использованием тепла в технологических производствах (в частности, сварочных технологиях, достигающие 70% при сборке теплоэнергетического оборудования). При этом использование аэродинамики закрученных струй (центробежного эффекта, возникновения обратных токов в центральной области) позволяет решить проблемы интенсификации производственных процессов, оптимизировать работу оборудования и его конструктивные параметры, особенно в теплогенерирующих установках при снижении нагрузки потребителю [1-3].

Целью работы является разработка комбинированной горелки с усовершенствованным газодинамическим режимом взаимодействия струй в объеме топочного пространства.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Исследовать энергоэффективность существующих аэродинамических процессов в жаротрубных водогрейных котлах малой мощности, выяснить преимущества и недостатки их работы в условиях пониженной отопительной нагрузки и предложить пути и методы усовершенствования их эффективности в течение всего отопительного периода.

2. Выполнить численное моделирование и экспериментальное сравнение современных моделей теплогенераторов малой мощности при изменении тепловой нагрузки, позволяющих улучшить газодинамический режим взаимодействия внешней вращающейся и осевой струи в объеме топочного пространства.

3. Определить теоретически и экспериментально подтвердить особенности процесса формирования аэродинамической структуры, при взаимодействии концентрических газовых струй в зависимости от изменения соотношения объемных расходов закрученной и осевой струй.

Для исследования использованы алгоритмы численного расчета гидравлических и тепловых режимов, применялись методы эволюционного поиска наиболее привлекательных решений, реализованных в программных пакетах SolidWorks на основе уравнений Навье-Стокса [4].

Выполнены 4 варианта числового моделирования: при фиксированной скорости с центрального входа 3, 7, 12 и 20 м/с, а из тангенциальных – внешних при скоростях 3, 7, 12 и 20 м/с (Рис.1-4).

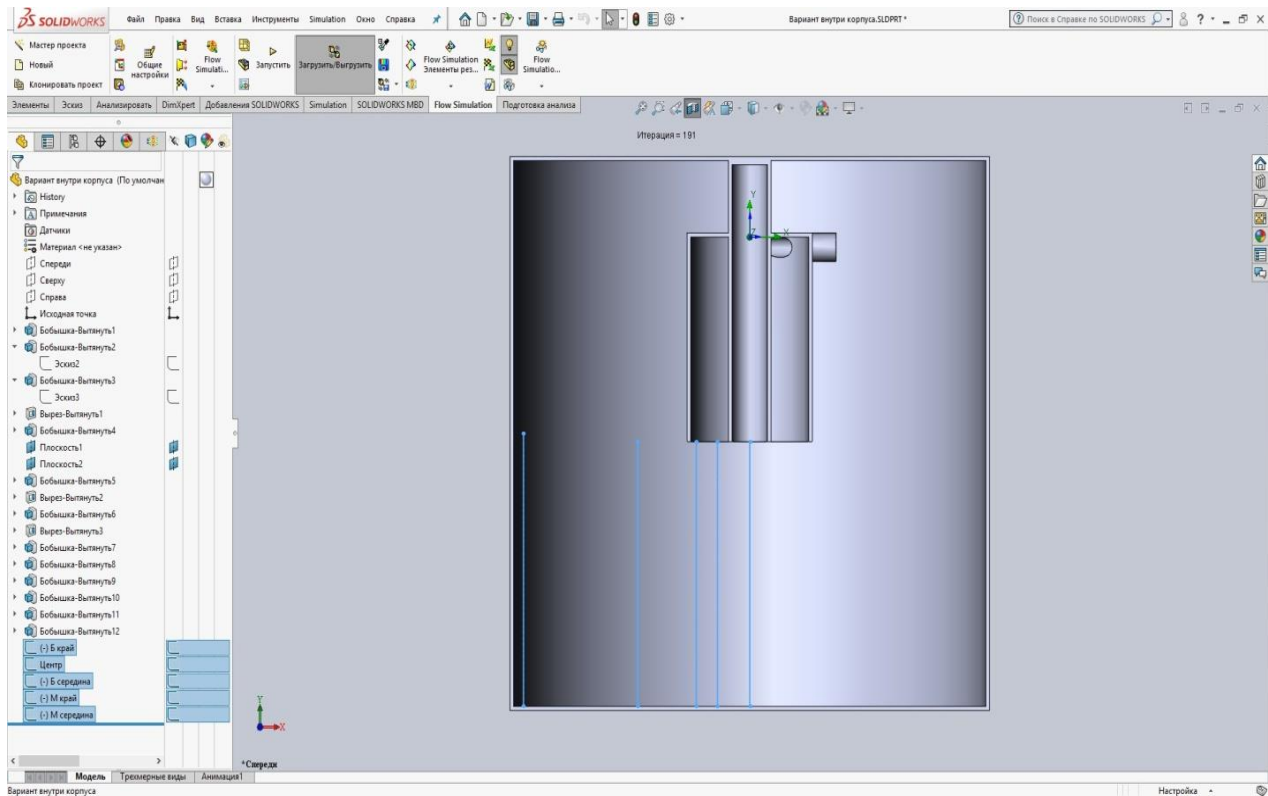


Рисунок 1. Общий вид модели горелки с внешним тангенциальным подводом воздуха и осевым подводом газа

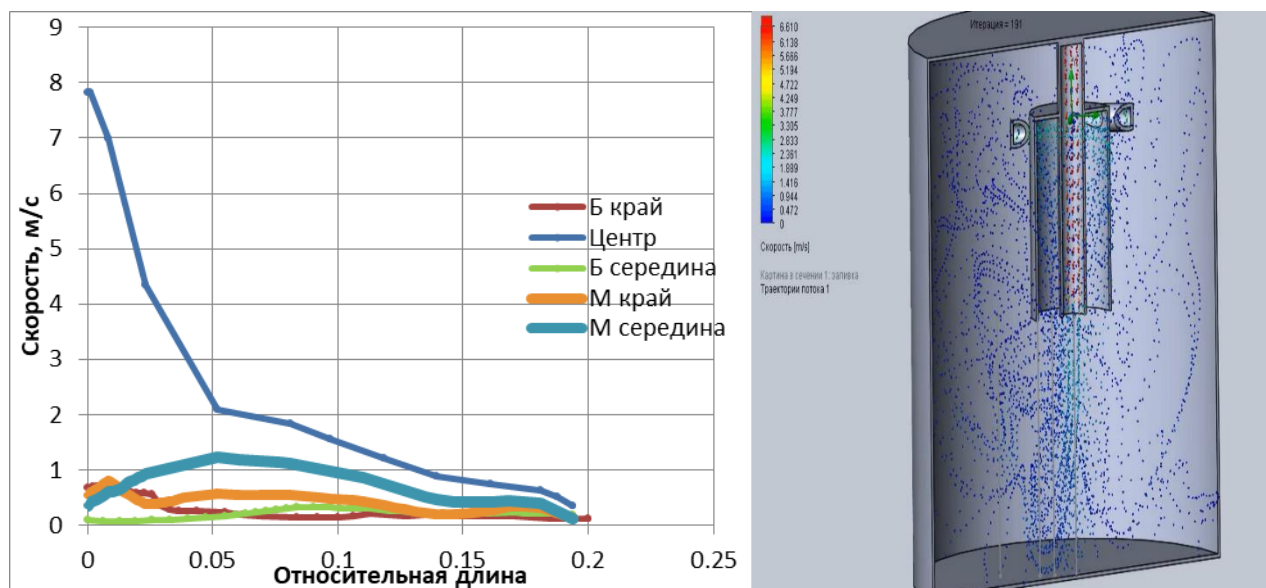


Рисунок 2. Распределение результирующей скорости при осевой скорости подачи газа – 7м/с и скорости внешнего, закрученного потока – 3 м/с

Chişinău, 15-17 Noiembrie 2022

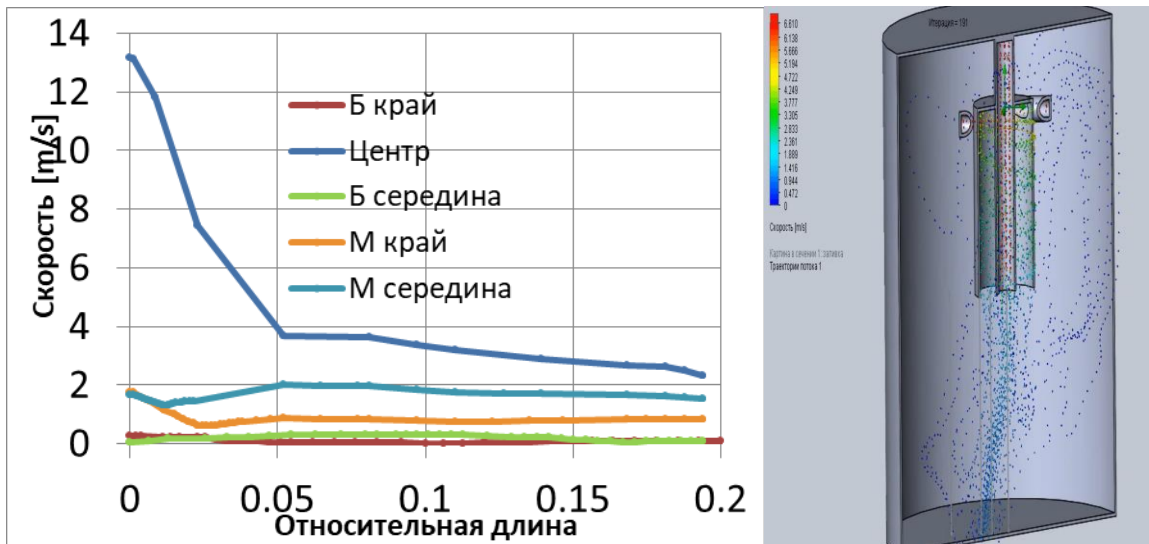


Рисунок 3. Распределение результирующей скорости при осевой скорости подачи газа – 7м/с и скорости внешнего, закрученного потока – 12 м/с

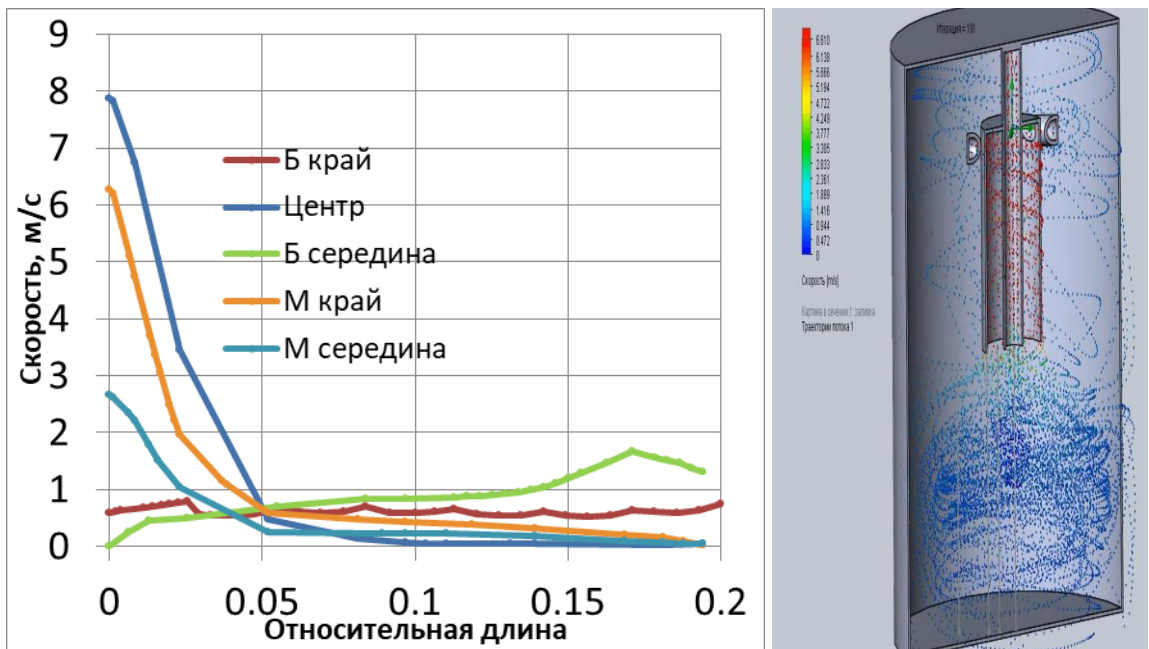


Рисунок 4. Распределение результирующей скорости при осевой скорости подачи газа – 7м/с и скорости внешнего, закрученного потока – 20 м/с

Выводы:

1. На основе анализа существующих литературных данных о характере движения вращающихся потоков, выявлено, что существующие математические модели недостаточны для адекватного теоретического описания взаимодействия внешнего закрученного и внутреннего – осевого потоков газа, а также изменение полей скорости и температуры в ограниченном объеме.

2. В результате исследования поля скорости взаимодействия коаксиальной осевой прямоочной и наружной закрученной струи предложена конструкция комбинированной горелки. Полученные данные исследования данной конструкции подтверждают возможность управления полями скорости и температуры объема топки при изменении

тепловой нагрузки. Также обнаружено, что в топочном пространстве происходит образование зон с пониженным давлением вследствие расхождения пограничных слоев взаимодействующих струй.

3. Выявлено, что наиболее рационально использовать предложенный способ сжигания газа с формированием аэродинамической структуры осевой прямоточной струи газа внешней закрученной струей в диапазоне, лежащей в области, когда наружная закрученная струя тормозит по внутренней границе осевую струю газа (при минимальной мощности). С увеличением мощности внешняя закрученная струя увеличивает угол своего раскрытия до 43° , что с учетом угла раскрытия осевой струи в $12...14^\circ$ формирует область пониженного давления между струями. Данное обстоятельство объясняет, обнаруженное в результате аэродинамических экспериментов, возникновение поперечного вихревого кольца на расстоянии 2 диаметров осевого патрубка от его поперечного среза.

Литература

1. Zaitsev O.N., Lapina E.A. Increasing the efficiency of the condensing boiler. [The International Conference "Problems of Thermal Physics and Power Engineering" \(PTPPE-2017\). 891](#) (2017).
2. Zaitsev O.N. Calculation of the axial air velocity near the vortex suction / Zaitsev O.N., Logachev K.I., Goltsov A.B. // Heat and mass transfer and hydrodynamics in swirling flows (October 18-21, 2021): materials of the VIII international conference. - М .: MPEI Publishing House, 2021.
3. Schlichting G. The theory of the boundary layer. [Trans. from German. - Moscow: Nauka], 1974.
4. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике /Авторы: Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В.,Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. —800 с.: ил.