

ВОЗМОЖНОСТИ ВИХРЕВЫХ ГОРЕЛОК С ВНЕШНИМ СЖАТИЕМ ПОТОКА ПРИ ЕГО ВХОДЕ В ТОПКУ

CAPABILITY OF SWIRL BURNER WITH PRE-ENTRY COMPRESSION OF CURRENT AT ITS INPUT IN FIREBOX.

Бабенко И. А., Стяжкин В. С., Потапов В. Н.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, v.n.potapov@urfu.ru

Babenko I. A., Stjashkin V. S., Potapov V. N.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: Дан анализ горелок, имеющих сужающиеся каналы, и способ их имитации с рекомендациями на базе исследований и практического опыта.

Abstract: Analysis burners which have narrow channel present. Method of its simulation with recommendation based on research and practical experience its show.

Ключевые слова: вихревые горелки; факела; экономика; экология.

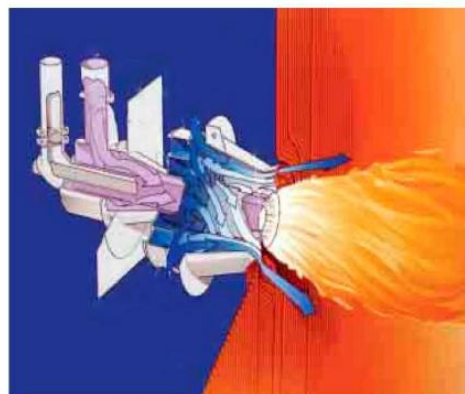
Key words: swirl burner; flame; economics; ecology.

Вихревые горелки факельного сжигания топлив можно условно разделить на горелки без диафрагмирования (не более 15 %) выхода закрученного потока из горелки при входе в топку, и на горелки, у которых выходной канал (каналы) выполнен в виде сужающегося конуса. Отечественные стандарты советского периода не предусматривают, то есть – запрещают применение горелок второго типа. Действие этих документов, наконец, остановлено, и горелки с конусами вновь можно использовать. Такие горелки в последние годы широко и успешно использует ряд ведущих зарубежных фирмы, и они иногда встречаются на отечественных котлах, построенных 40-45 лет тому назад, некоторые до сих пор работают безупречно. Отметим, что та же базовая схема используется очень активно в газовых турбинах Siemens парогазовых энергоблоков и после 1991 г., они показывают лучшие в мире и пока не превзойденные экологические и экономические характеристики сжигания природного газа на электростанциях.

На котлах, сжигающих угли, начиная с 2000 г., после модернизации горелок по этим схемам, в развитых странах используют две конструкции (рис. 1). Они имеют узел сжатия вихря и узлы повышения его симметричности. Сжатие вихря с периферии увеличивает скорости, усиливая турбулентность (примерно на 20 %) в зоне смешения угольной пыли с частью воздуха для воспламенения газов пиролиза и их затянутого выгорания с дефицитом кислорода для подавления выхода топливных оксидов азота (NO_x).



Пылеугольная горелка фирмы Foster Wheeler



Настенная пылеугольная горелка фирмы Alstom

Рис. 1. Пылеугольные горелки экологически безопасного сжигания углей

Дополнительную турбулизацию вихря при выходе его из горелки обеспечивает острая выходная кромка конуса периферийного воздушного канала, снижая образование канцерогенов на периферии факелов в топке при горении остатка углерода топлива. С другой стороны, потери момента вращения, неизбежные в этих конструкциях, опасны пульсациями и обрывом факела из-за схлопывания приосевых обратных токов. Однако эти режимы приводят к резкому усилению турбулентности в приосевой зоне факела, достигающей даже «хвостовых» зон, обеспечивая полное выгорание или газификацию углеродного остатка угольной пыли, снижая этим потери теплоты сгорания топлива и повышая КПД котла.

Для предотвращения пульсаций и обрывов на горелках Foster Wheeler (рис. 1) на выходе, в потоке аэропыли угля установлен стабилизатор горения в виде деформированного конуса-рассекателя, поддерживающего приосевой обратный ток и устойчивое горение в широком диапазоне режимов, увеличивая поверхность взаимодействия потока аэропыли с горячими газами, обеспечивая надежное сжигание топлива. Развитый край такого конуса усилит смешение в зоне взаимодействия аэропыли с газами. В горелках Alstom то же выполняет подкрутка и турбулизация центральной части потока особо профилированным спиралевидным регистром. Оба приема имеют сильные и слабые стороны, но равноценны (без учета особенностей топлива и его помола), гарантируя низкий выход NO_x и концентрации CO не более 200 мг/м^3 при малой механической неполноте сгорания. При стадийном сжигании углей горелками с дефицитом кислорода можно добиться снижения концентраций NO_x за топками мощных котлов до уровня в $200\text{--}300 \text{ мг/м}^3$ (по данным презентаций обеих фирм).

Особые результаты сжигания газа отечественными горелками сходных схем достигнуты на котлах ПК-47 ВТГРЭС, где в начале 80-х годов они были реконструированы по проекту кафедры ТЭС УПИ после установки инженерами УО ОРГРЭС (горелки Липинского в варианте ЦКТИ 1962 г., рис. 2 а) с их «шахматным» расположением на боковых стенах топок двухкорпусных котлов. Горелки предельной единичной тепловой мощности 75 МВт должны повышать

местные тепловые напряжения и температуры горения в факелах с усиливать выхода NO_x . Однако все было иначе после реконструкции (рис. 2 б) по проектам, выполненным студентами-дипломниками кафедры ТЭС.

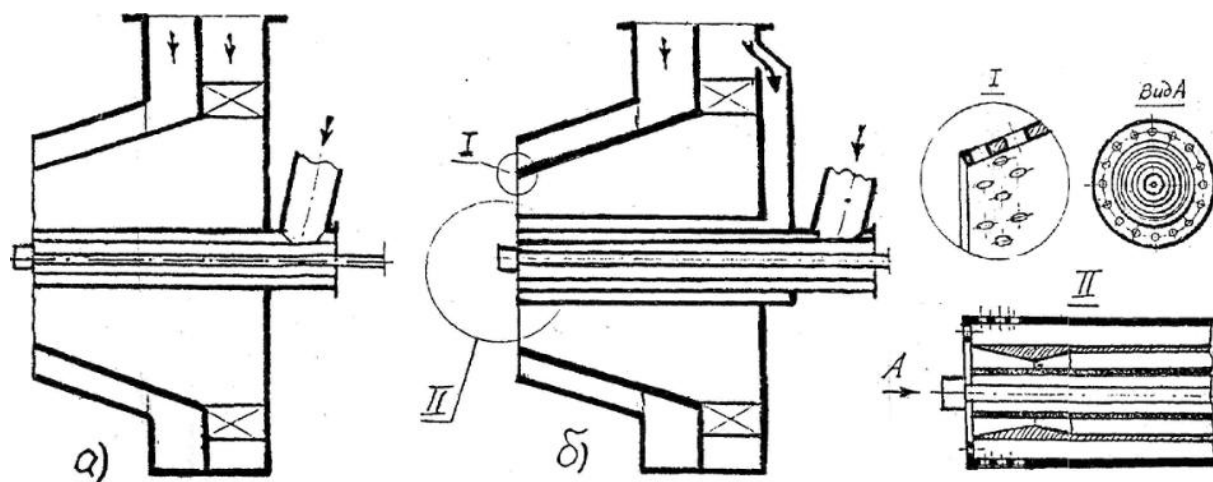


Рис. 2. Горелки котлов ПК-47: вариант ЦКТИ–ОРГРЭС (а) и УПИ (б)

В основу положены результаты исследований кафедры, выполненные ранее, оригинального, до того неизвестного способа управления структурой и круткой вихрей, названного струйным радиальным вдувом (*СРВ*), (или *RJB – radial jet blowing*). Технология *СРВ* при исследовании и внедрении ранее уже доказала уникальные возможности стабилизации горения топлива, которые и надежнее, и экономичнее, чем установка выходных рассекателей и лопаточных регистров, как это реализовано на лучших современных горелках (рис. 1).

Вариант кафедры ТЭС (рис. 2, б) обеспечил одновременно устойчивое снижение концентраций NO_x (до $100\text{--}120 \text{ мг/м}^3$) при почти полном отсутствии химической неполноты сгорания (концентрации CO $20\text{--}30 \text{ мг/м}^3$) при сжигании природного газа с рекордным снижением эксплуатационных избытков воздуха за топкой, после всех присосов (коэффициент избытка воздуха $1,02$). В более полном объеме реализации технологии *СРВ* позволит заменить на горелках выходные конуса на цилиндры с перфорированными стенками. Через отверстия перфорации стенки в закрученный поток достаточно вдувать $20\text{--}25 \%$ от всего воздуха, подводимого к горелке, со скоростями, составляющими примерно 50% от уровня максимальных скоростей в закрученном потоке, как это было сделано ранее в оригинальной конструкции на опытном котле ЦКС-УПИ (рис. 3).

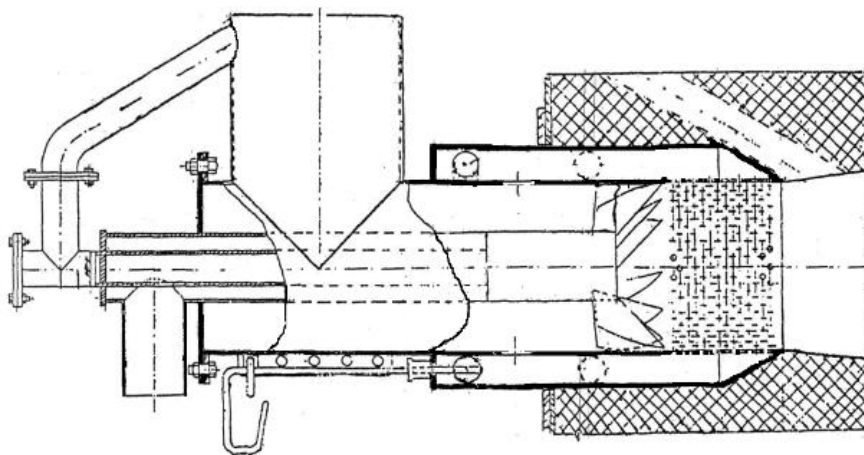


Рис. 3. Горелка котла ЦКС-УПИ

Обобщая изложенное, можно отметить, что эффекты, полученные в конструкциях (рис. 2), можно усилить, заменив конуса на перфорированные цилиндры, позволив использовать технологию СРВ, которая в определенных режимах способна выделить в потоке и в факеле на его основе две зоны радикального усиления турбулентности, разделив их чисто аэродинамически кольцевой границей резкого ослабления турбулентности. Мы уточнили для этого распределение в вихре радиальных скоростей, что до того практически никем не было исследовано. Эти векторы радиальных скоростей указывают на положение в вихре кольцевых зон, определяющих результаты горения.

УДК 621.039

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СБРОСОВ ИРМ

LOWERING OF HEAT DUMPING OF THE IRM

Балакин Д. Ю., Ташлыков О. Л.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Balakin D. Yu., Tashlykov O. L.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе проанализирована возможность снижения тепловых сбросов реактора ИВВ-2М путем использования сбрасываемой теплоты на нужды теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Abstract: Possibility of lowering of heat dumping of IRM reactor by using in heat supply and hot water supply was analyzed in this work.