

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары–19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110-летию М.А. Гендельмана». - 2023.- Т.1, Ч. V.- С. 30-33.

УДК 621.438(045)

МИКРОФАКЕЛЬНЫЙ МЕТОД СЖИГАНИЯ И УСТРОЙСТВА

*Сапарғалиева А.Н., докторант I курса
Казахский агротехнический исследовательский университет им.
С.Сейфуллина,
г.Астана*

Проведенный анализ современных методов и конструкций КС дает возможность проанализировать и поставить основные требования к ним. Согласно [1-3] современные КС газовых турбин должны соответствовать следующим критериям:

- высокий коэффициент полноты сгорания топлива. Современные КС должны иметь $\eta_c = 98,5 \div 99,5\%$;
- малые гидравлические потери давления;
- высокую теплонапряженность рабочего объема;
- малую температурную неравномерность температур на выходе из КС, для обеспечения надежной работы турбины;
- быстрый и надежный пуск. Стабильную работу по всем диапазоне нагрузок;
- долговечность конструкций, высокую надежность;
- отсутствие дыма, нагара и токсичных веществ.

Анализ разных способов и принципов горения микрофакельных устройств, показал особенности микрофакельного сжигания, который может максимально близко приблизиться к требованиям предъявляемым к КС представленных выше. Микрофакельное горение является разновидностью зонного горения [4].

Анализ основных причин образования оксидов азота в различных устройствах и перспектив развития энергетики показал, что традиционные способы сжигания топлива не обеспечивают требуемых параметров. Повышения эффективности сжигания топлива можно получить при использовании микрофакельного горения.

Несмотря на ограниченный объем экспериментальных данных по применению микрофакельного сжигания в КС, различными авторами [5] отмечаются следующие положительные качества данного метода: низкие потери напора газа, уменьшение габаритов конструкций, пониженные неравномерности температурного поля на выходе из КС, низкие показатели выхода оксидов азота с продуктами сгорания, уменьшенные радиационные потери.

Микромодульные камеры сгорания и горелки.

Согласно [2] снижения выбросов NO_x можно добиться ведением топочного процесса при избытке первичного воздуха $\alpha_1 > 1,6 \div 1,8$ и обеспечении при этом интенсификации смесеобразования во фронтальной части КС. Выполнение таких требований дает возможность снизить локальные максимальные температуры в зоне горения и приблизить их к средней температуре факела и значительно сократить время выгорания топлива.

Следует отметить, что на выбросы NO_x влияют не только ступенчатость включения ярусов (колец), но и соотношения топливо/воздух. Одним из минусов такого исполнения КС является усложнение системы ввиду необходимости переключения ярусов (колец). Также отмечается, что такие системы имеют тенденцию к закоксовыванию модулей и трубопроводов, затрудненность запуска модулей и ухудшение динамических характеристик при переходе с одного режима на другой, при работе на нефтяных топливах.

К недостаткам микромодульных конструкций можно отнести сложность систем подвода топлива, большое влияние технологических отклонений на работу КС, что может привести к большой неравномерности температурного поля перед турбиной. Также стоит отметить, что предварительное перемешивание ТВС приводит к увеличению вероятности проскока пламени и сокращению диапазона стабильной работы.

Струйно-стабилизаторный метод сжигания

В Киевском политехническом институте по авторскому предложению В.А. Хриistica была создана оригинальная конструкция газовой горелки с отдельной подачей газа и воздуха, обеспечивающая высокую интенсивность процессов смесеобразования и горения и обладающая свойством саморегулируемости состава сгорающей смеси при переменных избытках воздуха.

Особенностями такой горелки является то, что она при отдельной подаче газа и воздуха обеспечивает такой же короткий и прозрачный факел, как горелки предварительного смешения, и одновременно с этим обладает очень высокой стабильностью факела, которая выше, чем у горелок предварительного смешения.

Принципиальная схема газовой горелки представлена на рисунке 6. Основными деталями горелки являются газовые форсунки и стабилизирующее устройство, выполненное из уголкового стабилизатора, приваренных к бандажам. Стабилизаторы располагаются по радиусам и наклонены к продольной оси горелки под углом 45° , так что система стабилизаторов имеет вид полного конуса при вершине 90° . Газовая форсунка размещена в центре стабилизирующего устройства и подает газ через отверстия в виде отдельных струй, каждая из которых располагается за соответствующим стабилизатором, развиваясь вдоль его оси.

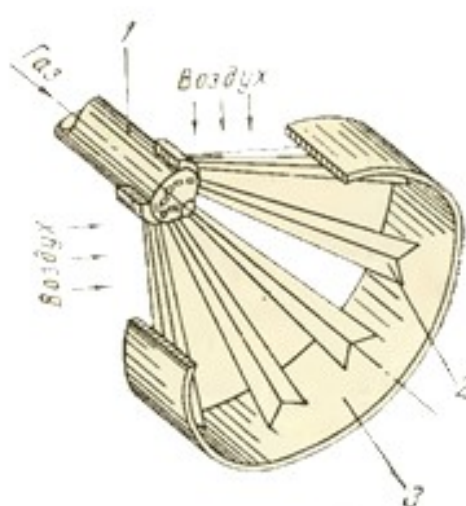


Рисунок 1 - Принципиальная схема газовой горелки струйно-стабилизаторного типа

Благодаря струйной подаче газа за стабилизаторы на газовые факелы во всем их протяжении накладывается поле высокой турбулентности. Кроме того, газовые струи вносят в эти зоны и свою долю турбулентных возмущений, обуславливающих высокую интенсивность массообмена за стабилизатором. Это не только интенсифицирует смесеобразование и горение, но и придает горелке своеобразное свойство саморегулируемости, позволяющее ей работать в широком диапазоне переменных коэффициентов избытка воздуха и иметь низкие эмиссии оксидов азота.

Проведенные эксперименты с принципами струйно - стабилизаторного метода на КС ГТУ с расходом газа $550 \text{ м}^3/\text{ч}$ показали высокие показатели: рабочий диапазон коэффициента избытка воздуха – $1,2 \div 20$; полнота сгорания – 99,5%.

Общая зона горения струйно-стабилизаторного горелочного устройства представляет собой совокупность элементарных радиальных факелов с сильно развитой суммарной поверхностью пламени и небольшой протяженностью его вдоль камеры, что сокращает время пребывания газов в зоне реакции.

Средний температурный уровень в этой зоне снижается до уровня, предотвращающего интенсивное образование NO_x , путем непосредственного использования избыточного воздуха, пропускаемого через щели между стабилизаторами или отверстия перфорации. Образование токсичных CO и CH на пониженных тепловых нагрузках камеры предотвращается присущим струйно-стабилизаторному методу свойству саморегулируемости состава смеси в элементарных факелах. Это обусловлено тем, что длина элементарных факелов при развитии их в полости рециркуляционных зон за стабилизаторами или секторами почти линейно зависит от расхода топлива и, следовательно, сокращается при увеличении общего избытка воздуха в камере.

Следует отметить, что при всей конструктивной простоте КС струйно-стабилизаторного типа, наряду со снижением токсичности продуктов

сгорания, не только не ухудшают такие из них, как запуск, устойчивость горения, потери давления, надежность и долговечность конструкции.

Всережимность работы и пониженная токсичность собственных продуктов сгорания делают перспективным использование этого метода также для термического обезвреживания различных вредных промышленных выбросов.

На рисунке 2 представлена схема горения за уголковым стабилизатором при струйно-стабилизаторном способе горения. При таком подходе, топливо подается вдоль оси симметрии уголка с нижней стороны. Топливо подается перпендикулярно на ось симметрии. Как уже отмечалось выше, такой способ организации сжигания позволяет обеспечить высокую стабильность горения, при высокой полноте сжигания топлива и низких выбросах оксидов азота.

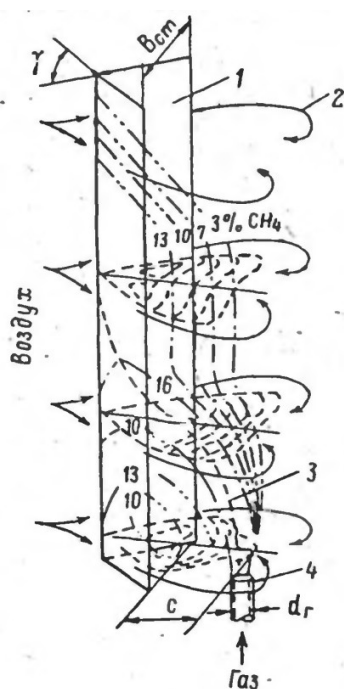


Рисунок 2 - Уголкового стабилизатора с принципом струйно-стабилизаторного горения

Еще одним примером струйно-стабилизаторного типа горения является горелка, разработанная под руководством Христича В.А. и Любчика Г.И. Данное устройство способно эффективно и устойчиво работать в широком диапазоне коэффициента избытка воздуха – от 1 до 6,0 и более. Общая схема горелки представлена на рисунке 3.

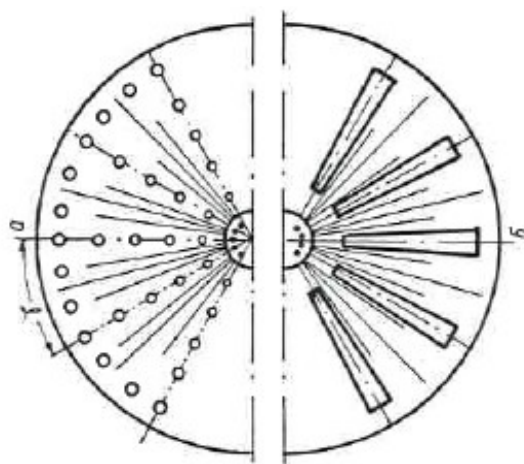


Рисунок 3 - Струйно-стабилизаторная газовая горелка
Киевского политехнического университета

Представленная горелка работает по комбинированному принципу, т.е. часть газа предварительно смешивается в горелке с воздухом, а оставшая часть подается отдельно от потока воздуха. Основными элементами горелки являются смеситель, служащий для предварительного смешения газа с воздухом, и само горелочное устройство. Смеситель имеет на входе перфорированную решетку. Отверстия в решетке расположены по радиусам. Между отверстиями перпендикулярно воздушному потоку подаются газовые струи. Они не сносятся воздушным потоком и, следовательно, могут проникать на любую его глубину. Однако при этом идет весьма интенсивное перемешивание газа с воздухом.

Список литературы

- 1 Достияров А.М., Умышев Д.Р., Кибарин А.А., Туманов М.Е. [Текст]: Теплогенератор газовый с микрофакельной горелкой/ №94648, патент РК №1734, опубл. 30.09.2016, Бюл. №12. – 5с.
- 2 Тумановский А.Г. [Текст]: Некоторые пути снижения концентрации окислов азота в камерах сгорания ГТУ/ Теплоэнергетика. - 1973. – Вып.6. -30-33 с.
- 3 Достияров А.М., Достиярова А.М., Картджанов Н.Р., Садыкова С.С. [Текст]/Микромодульные воздушные форсунки для кольцевой камеры сгорания ГТД. – Вестник КазНУ. – 2019. – № 6. – С. 451-456.
- 4 Жанбуршин Е.Т. [Текст]: Разработка микрофакельной горелки для попутных нефтяных газов с пониженным уровнем токсичных выбросов/дисс. ... канд.техн.наук.-Алматы, 1993.-160 с.

5

Dias R.

Umyshev, Abay M. Dostiyarov, Andrey A. Kibarin, Galya M. Tyutebayeva, Gaziza S. Katranova, Darkhan B. Akpanbetov[Text] / Experimental investigation of distance between V-gutters on flame stabilization and NOx emissions// Thermal Science, - 2019.-Vol. 23. Issue 5. Part B. -P.2971-2981.
<https://doi.org/10.2298/TSCI180503007U>