

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.2 - С.368-371

РАЗРАБОТКА ПРОТИВОТОЧНОЙ ВИХРЕВОЙ ГОРЕЛКИ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА

*Кожемжаров Калижан, студент 1 курса
Казахский Агротехнический Университет им. С.Сейфуллина,
Республика Казахстан, 010012, г. Нур-Султан, пр. Женис, 62*

Аннотация. Объектом исследования является противоточная вихревая горелка. В статье проводится исследование влияния геометрии проточной части и степени расширения газа в закрученном течении с противотоком на формирование и расположение максимумов температуры, рассматриваются методики расчета ПВГУ с помощью программы Ansys Fluent. В статье приводится литературный, патентный обзор и анализ математической модели, существующих конструкций ПВГУ. Особенность конструкции заключается в энергоразделении потока по полной энтальпии и противоток двух вихрей в ограниченном пространстве осесимметричного канала, что обеспечит высокую полноту сгорания.

Ключевые слова. Противоточные горелки, вертикальная ось вращения, турбулентность, горелка, лопасти, направляющие каналы, оксиды азота.

Введение. Одними из основных требований к современным камерам сгорания являются : высокая полнота сгорания и низкая эмиссия загрязняющих веществ. Горение в условиях аэродинамического противотока представляет интерес с точки зрения возможностей интенсификации. Организация горения в условиях закрутки противотока выполняет вышеперечисленные требования к современным камерам сгорания.

Закрутка течения является одним из самых распространенных методов повышения эффективности процессов горения за счет увеличения турбулентности. Интенсификация тепло и массообменных процессов вращательным движением рабочей среды используется при создании горелочных устройств и камер сгорания.

Основными требованиями к современным горелочным устройствам являются: обеспечение высокой полноты сгорания, сокращение выбросов загрязняющих веществ (NO) в атмосферу при минимальных зонах горения, стабилизация процессов горения. Доступные результаты исследований различных авторов [1 – 5] показали, что организация горения в условиях закрутки и противотока течения позволяет обеспечить выполнение большинства требований к современным горелочным устройствам.

Использование закрутки потока в химически реагирующих течениях впервые было применено при организации циклонного принципа сжигания топлива [6], а в дальнейшем нашло широкое применение при организации рабочего процесса камер сгорания ГТУ и ГТД. Эффекты вращательного движения рабочей среды используются при создании эффективных горелочных устройств для теплотехники и теплоэнергетики, фронтных форсуночно-горелочных модулей камер сгорания энергетических установок и воздушно-реактивных двигателей, для стабилизации фронта пламени в различных устройствах преобразования химической энергии в тепловую, при проектировании горелок и воспламенителей авиационного и технологического назначения.

Экспериментальное исследование [1] показывает что закрутка радикальным образом влияет на газодинамическую картину течения, микро и макроструктуру турбулентного потока. Такие свойства и характеристики, как пространственное распределение термогазодинамических параметров, геометрия фронта пламени и механизм горения в реагирующих течениях, существенно зависят от степени закрутки.

Основная часть. Результаты экспериментальных и теоретических исследований показывают, что учёт газодинамических особенностей закрученных потоков для осреднённого по времени (квазистационарного) течения, возможен введением параметра, характеризующего степень закрутки [1-2]. Вопрос о способах оценки интенсивности закрутки остаётся дискуссионным. На ранних этапах исследования введён способ оценки параметра закрутки через отношение окружной составляющей скорости к осевой [7].

В конструкции противоточной вихревой эжекционной горелке решена проблема многотопливности, горелочное устройство работает на жидком и газообразном топливе. В целях увеличения полноты сгорания и расширения диапазона устойчивой работы по коэффициенту избытка воздуха для организации «бедного» горения, в конструкции горелки реализована трёхступенчатая система эжекции дополнительных масс воздуха из атмосферы. Первая ступень представляет собой эллиптические отверстия в корпусе горелочного устройства. Их геометрия предусматривает удобство применения различных систем зажигания. Вторая ступень - ряд отверстий в камере сгорания, площади проходных сечений которых динамически изменяются при помощи регулировочного кольца, выполненного на поверхности камеры сгорания. Повышение эффективности охлаждения камеры сгорания достигается за счёт конструкции третьей ступени эжекции.

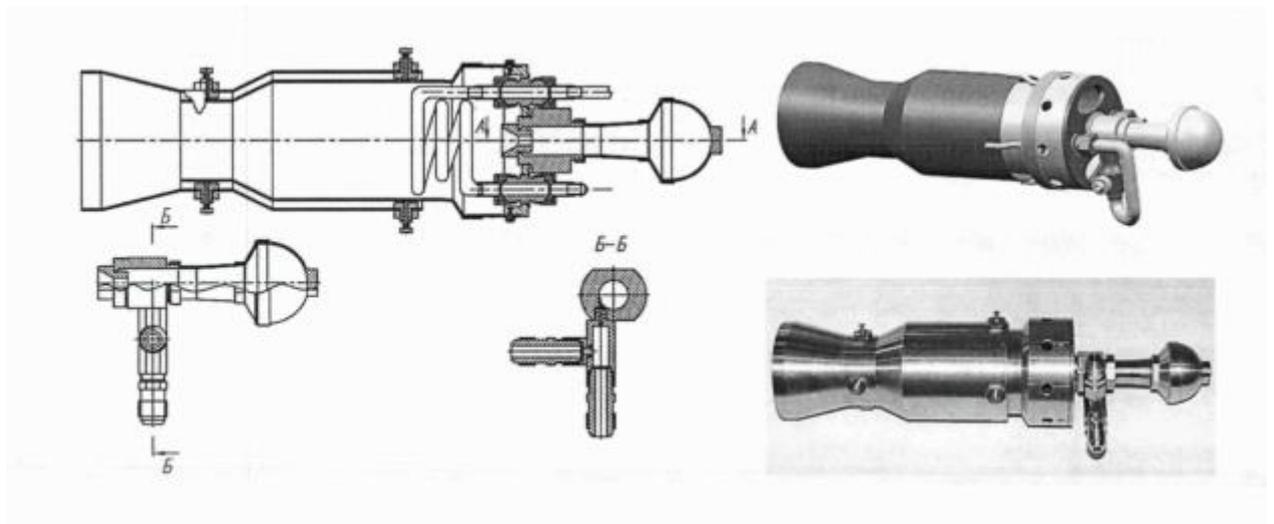


Рисунок 1 - Противоточное вихревое эжекционное горелочное устройство.

Конструкция горелочного устройства является достаточно компактной и простой в изготовлении, удобной, надёжной и безопасной в эксплуатации, несложной в ремонте, предусматривает удобство зажигания, регулирования и возможность автоматического поддержания необходимых соотношений расходов топлива и воздуха, мощности и температуры факела продуктов сгорания в заданных пределах.

Существует множество организаций которые занимаются изготовлением горелочных устройств, также существует большое разнообразие горелок для различных целей и условий работы. Качество горелочных устройств определяется их испытаниями на соответствие стандартам и техническим требованиям. Развитие газовой промышленности обусловило создание множества различных типов газовых горелок; некоторые из них нашли широкое распространение, другие применяются довольно редко.

Ниже перечислены четыре распространенные на практике аэродинамические схемы течения:

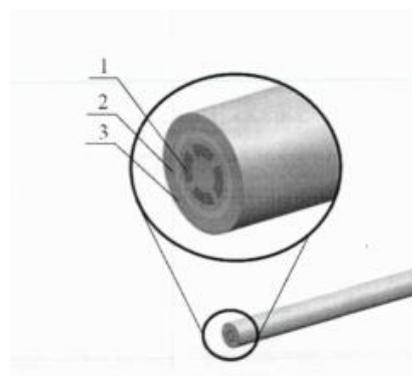


Рисунок 2.1 - Прямоточная камера сгорания

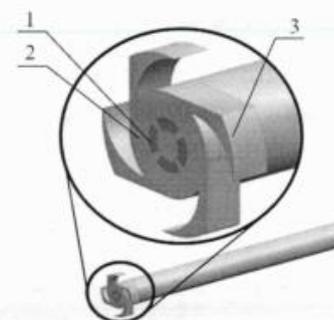


Рисунок 2.2 - Камера сгорания с закруткой течения

Где, 1 – отверстие для подачи водорода, 2 – каналы для подачи кислорода, 3 (для рисунка 2.1) – кольцевое отверстие, для подачи пара. 3 (для рисунка 2.2) – тангенциальные подводы, через них подается пар.

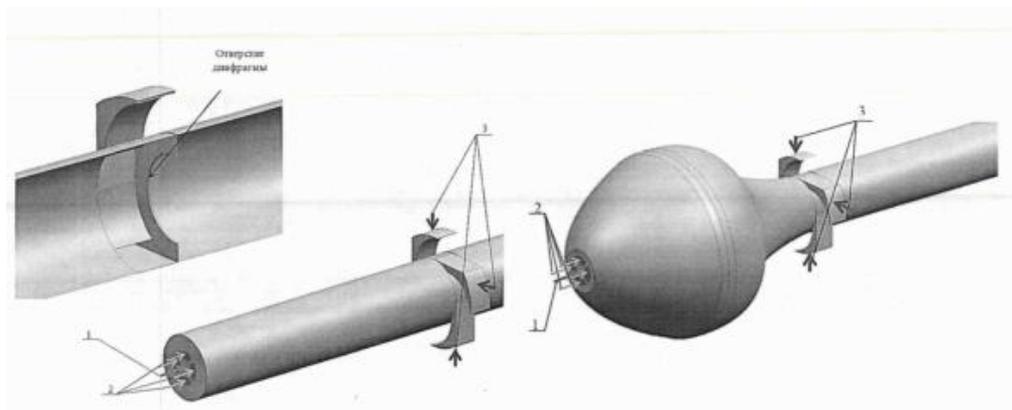


Рисунок 2.3 - Противоточная камера сгорания

Рисунок 2.4 – Противоточная камера сгорания с профилированной геометрией торцевой части

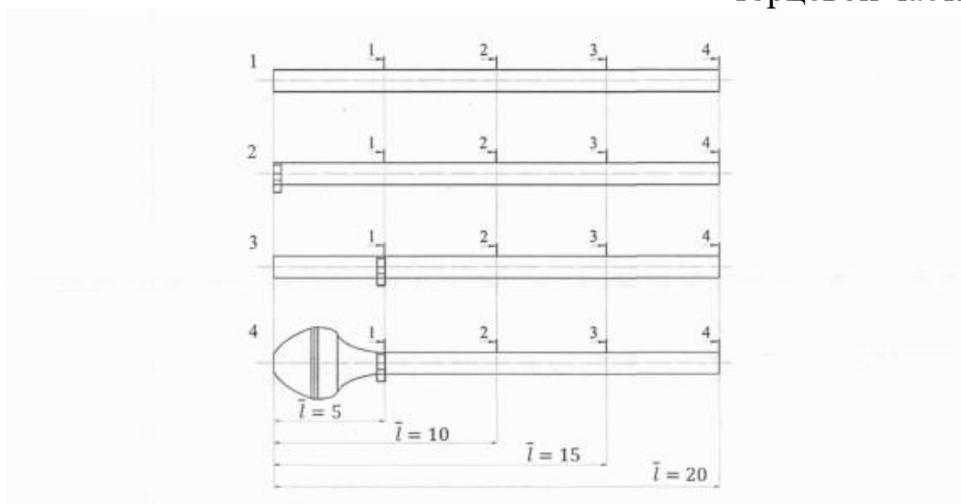


Рисунок 2.5 - Варианты КС с обозначением характерных сечений: 1) - прямоточная камера сгорания; 2) - камера сгорания с закруткой течения; 3) - противоточная камера сгорания; 4) противоточная камера сгорания с профилированной геометрией торцевой части.

Площади сечения каналов для подачи компонентов водород-кислородной смеси, а также размеры элементов сетки этих каналов одинаковы во всех вариантах. На рисунке 2.5 показаны схемы рассматриваемых КС, с обозначением характерных сечений.

Создание КС на базе микрофакельного принципа позволит выполнять конструкцию КС без разделения воздуха на первичный и вторичный. Согласно исследованию, проведенным Тумановским [8] концентрация оксидов азота в диапазоне измерений $\alpha=3\div 9$ составляет 0,00025-0,00125% при работе на

природном газе. При использовании газового топлива содержание оксидов азота не превышало 0,0005-0,0008% при расчетных режимах работы. Столь низкие показатели концентрации объясняются особенностью экспериментальных КС: низким уровнем максимальных температур факелов, достаточно малым временем нахождения в зоне высоких температур.

На основе анализа многих литературных и патентных исследований, а также собственных расчетов ПВГУ, с использованием современной программы численного моделирования Ansys fluent при сжигании метана можно сделать следующие выводы:

- для обеспечения высокой полноты сгорания необходимо использовать эффекты вращательного движения рабочей среды и эжекции;
- в целях расширения диапазона устойчивой работы по коэффициенту избытка воздуха и снижения выбросов оксидов азота следует организовать микрофакельное сжигание «бедной» топливовоздушной смеси;
- организация горения может происходить в несколько ступеней.

Литература.

1. Пиралишвили Ш.А., Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения / Ш.А. Пиралишвили, В.М. Поляев, М.Н. Сергеев; под ред. Леонтьева А.И. — М.: УНПЦ Энергомаш, 2000. — 412с.
2. Гупта А., Закрученные потоки: пер. с англ. / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред. — М.: Мир, 1987. — 588 с.
3. Казанцева О.В., Численное моделирование закрученных течений в вихревых трубах / О.В. Казанцева, Ш.А. Пиралишвили, А.А. Фузеева // Теплофизика высоких температур. – 2005. – Т. 43. – № 4. – С. 606 – 611.
4. Пиралишвили, Ш. А. Исследование механизмов диффузионно-кинетического управляемого горения на модели вихревого форсуночно-горелочного устройства [Текст] / Ш. А. Пиралишвили, А. И. Гурьянов, Ахмед Мамо // Материалы международной научно-практической конференции. Казань: изд-во гос. техн. ун-та, 2006. - С. 150 - 151.
5. Пиралишвили, Ш. А. Экспериментальное исследование механизмов «богато-бедного» и «бедно-бедного» горения [Текст] /Ш. А. Пиралишвили, А. И. Гурьянов, Ахмед Мамо // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: мат. Международной научно-технической конференции.- Самара: СГАУ - 2006. - Т. 1. - С. 199.Перминов Э.М. Развитие ветроэнергетики в европейских странах //Энергетик. 2004. – С.30.
6. Gupta, A.K. Advances in Chemical Propulsion. Science to technology [Text] / edited by Gabriel D. Roy. - Arlington, Virginia. - 2002. - 525 p.
7. Халатов, А. А. Теория и практика закрученных потоков [Текст] / А. А. Халатов. — Киев: Наукова думка, 1989. - 192 с.
8. Тумановский А.Г., Гутник М.Н., Соколов К.Ю, Малотоксичные камеры сгорания для энергетических ГТУ// Теплоэнергетика. – 1997. - №3. - С.48-52