**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | А | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | | А8 | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | А8 | |  | | Левихин А.А. | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | А8М31 | |  | «\_\_\_\_\_» | |  | | | | | | | | | | 2018 г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **о научно-исследовательской работе** | | | | | | | |  |
| наименование практики | | | | | | | |
| Цыгановой Валерии Денисовны | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | |
| **Обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | 24.04.05 |  | | Двигатели летательных | | |
| нужное подчеркнуть | | | код | |  | | полное наименование направления/специальности |
| аппаратов | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель НИР от БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова:** | | | |  | |  | |
|  | |  | |  | |  | |
| Подпись | |  | | Фамилия ИО | |  | |
| «\_\_\_» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | 2018г. | |  | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 3](#_Toc529517928)

[1. Постановка задачи 4](#_Toc529517929)

[2. Патентный поиск 5](#_Toc529517930)

[2.1. Патент РФ №2523824 5](#_Toc529517931)

[2.2. Патент РФ № 2412109 7](#_Toc529517932)

[2.3. Патент РФ № 2361809 9](#_Toc529517933)

[2.4. Патент РФ № 2320531 11](#_Toc529517934)

[2.5. Патент РФ №2168459 13](#_Toc529517935)

[2.6. Патент РФ №2168460 14](#_Toc529517936)

[2.7. Патент РФ №2521377 16](#_Toc529517937)

[2.8. Патент РФ №2392297 17](#_Toc529517938)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 20](#_Toc529517939)

[Список использованных источников 21](#_Toc529517940)

# ВВЕДЕНИЕ

В рамках разработки путей модернизации мобильного заправочного комплекса (МЗК) получения водородсодержащего газа для беспилотных летательных аппаратов на водород-воздушных топливных элементах рассматривались варианты снижения массогабаритных характеристик установки.

Один из важных параметров МЗК в предполагаемых условиях его эксплуатации – скрытность комплекса. Она определяется, в том числе, его массагабаритными характеристиками. Так как установку предполагается размещать в промышленных контейнерах, встает вопрос оптимальности и плотности компоновки технологического оборудования. ВТР традиционной конструкции имеет большие продольные размеры, что вызывает сложности при его размещении и подключении в условиях ограниченного пространства.

Для снижения массы и габаритов установки предлагается внедрение конструкции многоходового ВТР с внутренним парогенератором в виде коаксиального вкладыша. Принципиальная схема предлагаемой конструкции представлена на рисунке 1.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1 – Схема многоходового ВТР с внутренним парогенератором |

# Постановка задачи

Для дальнейшей проработки конструкции реактора, устранений возможных недостатков и максимальной его оптимизации необходимо рассмотреть уже имеющиеся конструктивные решения в области создания аналогичных устройств, чтобы максимально использовать накопленный полезный опыт.

Целью данной научно-исследовательской работы является проведение патентного поиска в области разработки высокотемпературных реакторов (ВТР) парциального окисления и других устройств получения синтез-газа. Среди основных задач работы можно выделить следующий ряд:

* поиск запатентованных устройств, близких к рассматриваемому;
* изучение предлагаемых технических решений и принципиальных схем;
* выделение достоинств и недостатков имеющихся предложений;
* создание списка рекомендаций к проработке предлагаемой конструкции многоходового ВТР.

На данном этапе работы предполагается рассмотрение только патентов Российской Федерации.

# Патентный поиск

Для разработки предложений по возможным конструктивным исполнениям многоходового ВТР необходимо рассмотреть уже имеющиеся предложения по реализации аналогичных реакторов. Для этого был проведен патентный поиск в области разработки ВТР различных конструкций.

## Патент РФ №2523824

Известно устройство для получения синтез-газа из жидких или газообразных углеводородов по патенту РФ №2523824.

Устройство состоит из секционного корпуса, форсуночной головки, генератора водяного пара, смесителя горючего с паром. Секции корпуса соединены между собой фланцами-коллекторами, посредством которых осуществляется ввод пара внутрь реактора и обеспечивается работа охлаждающего тракта. К нижней части реактора присоединен парогенератор, выход которого соединен с системами внешнего охлаждения и ввода пара внутрь реактора. Для использования пара в качестве сырья, помимо ввода пара внутрь реактора, устройство снабжено испарителем горючего и смесителем испаренного горючего с водяным паром. Для предварительного смешения и прогрева сырья применена форсуночная головка-теплообменник. Схема устройства представлена на рисунке 2.

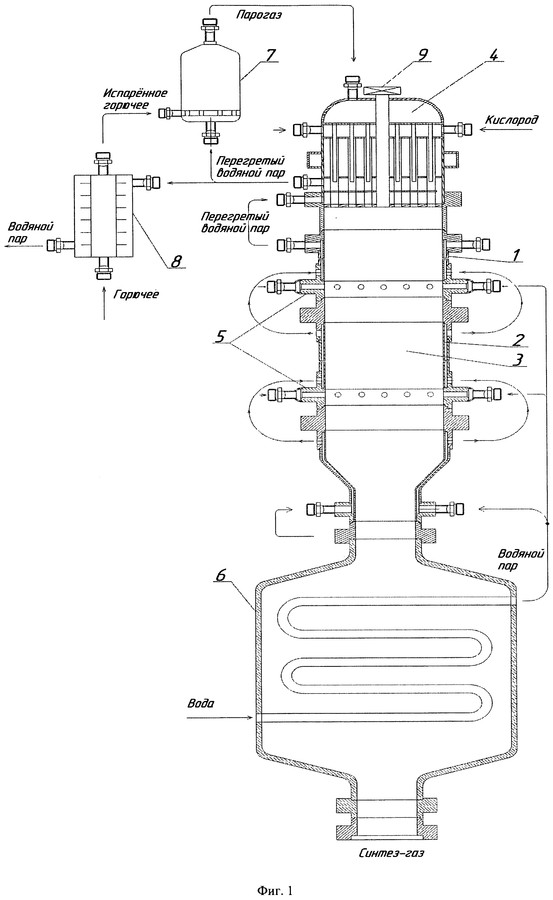


Рисунок 2 – схема устройства по патенту РФ №2523824

Парогазовая смесь (испаренное горючее и водяной пар) из смесителя и кислород, выступающий окислителем, поступают на форсуночную головку-теплообменник. Происходит постепенное смешение и прогрев готовой смеси парогаза и кислорода. После поступления во внутреннюю полость реактора смесь воспламеняется, проходит реакция образования синтез-газа при температуре в верхней зоне до 1200-1300°С. В нижней части реактора через фланцы-коллекторы осуществляется ввод водяного пара во внутреннюю полость, благодаря чему проходит доокисление и паровая конверсия образовавшегося в верхней части реактора состава. Паровая конверсия способствует улучшению качества конечных продуктов, уменьшению выхода побочных веществ. После прохождения нижней части реактора температура синтез-газа равна 1100-1200°С. Далее синтез-газ поступает в парогенератор, на выходе из которого температура снижается до 500-600°С. Водяной пар, полученный в парогенераторе, разделяется на две линии и через обратные клапаны поступает на охлаждение стенок реактора и на фланцы-коллекторы для ввода внутрь реактора. Перегретый пар, использованный для охлаждения реактора, поступает в качестве теплоносителя на форсуночную головку-теплообменник, а затем разбивается на два потока, один из которых в качестве теплоносителя поступает в испаритель горючего, а другой - в смеситель. Полученный синтез-газ, прошедший через теплообменник, поступает потребителю.

К преимуществам можно отнести то, что данное устройство позволяет снизить расход топлива установки газогенерации, улучшить экологические показатели, повысить качество получаемого синтез-газа и снизить его стоимость.

Недостатком рассмотренного варианта является большая длина реактора и массивный теплообменник на выходе.

## Патент РФ № 2412109

Известен способ одностадийного получения синтез-газа при горении и устройство для его осуществления по патенту РФ № 2412109.

Получение синтез-газа из углеводородного сырья осуществляется в процессе горения в проточном реакторе, состоящем из двух или более соосно распложенных камер. Процесс осуществляют в одну стадию при коэффициенте избытка окислителя менее 1 и повышенном давлении. В реакторе происходит самовоспламенение с задержкой не более 1 секунды, которое обеспечивают стабилизатором-воспламенителем, предварительно нагретым до необходимой температуры. Горение осуществляют до остаточного содержания кислорода не более 0,3 об.% и отношения объемных концентраций Н2 и СО на уровне 1-2, а СО к СО2 не менее 5. Перед подачей в первую камеру реактора рабочую смесь нагревают за счет тепла продуктов процесса горения.

Между последовательными камерами размещено охлаждаемое сопло с сечением, обеспечивающим критический перепад давления. Через сопло продукты сгорания из первой камеры направляют в последующие камеры. На входе в первую камеру установлен блок форсунок для подачи компонентов рабочей смеси, и стабилизатор-воспламенитель в виде диска с отверстиями, число и диаметр которых подбирают так, чтобы обеспечить заданное самовоспламенение рабочей смеси. Схема предлагаемой конструкции изображена на рисунке 3.

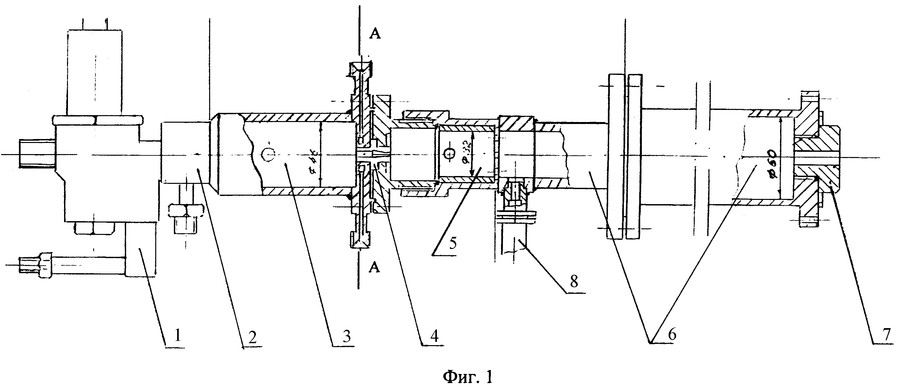


Рисунок 3- Схема устройства по патенту РФ №2412109

После самовоспламенения время пребывания рабочей смеси в зоне горения выбирают в пределах 0,001-1 с.

В качестве окислителя используют газообразный кислород, концентрация которого достаточна для самовоспламенения рабочей смеси с указанной допустимой задержкой.

Для подавления сажеобразования 5-20 об.% газообразных продуктов процесса возвращают в первую камеру.

Недостатком данного устройства является большая суммарная длина реактора и сажеподавление с помощью продуктов реакции, что снижает массовый расход на выходе из устройства. Реализация критического перепада на сопле приводит к резкому падению давления и невозможности использования реактора в составе установки, требующей высоких давлений в последующих узлах.

## Патент РФ № 2361809

Существует способ получения синтез-газа и устройство для его осуществления, изложенные в патенте РФ № 2361809.

Устройство для получения синтез-газа представляет собой реактор-теплообменник, содержащий камеру горения, в которой осуществляется полное окисление углеводородного сырья кислородом воздуха. К входу камеры через антипроскоковую решетку пристыкован смеситель, а к смесителю подключены подводящие трубы углеводородного сырья и воздуха. Камера горения также снабжена распределенным по ее длине рядом колец, к которым подключены трубы с антипроскоковыми решетками для подвода углеводородного сырья. Подвод углеводородного сырья по длине камеры горения позволяет получать оптимальный температурный режим в камере углекислотной конверсии за счет регулирования расхода метана по длине камеры горения при изменении коэффициента избытка окислителя α в пределах от 3 до 1,1. Подводящая труба воздуха соединена с теплообменником, где воздух подается в трубчатый нагреватель. В теплообменнике у трубчатого нагревателя один конец подключен к источнику воздуха, а другой конец через подводящую трубу связан со смесителем.

Дополнительно устройство снабжено системой выделения диоксида углерода, смесителем диоксида углерода и метана и камерой углекислотной конверсии, размещенной внутри камеры горения. Камера углекислотной конверсии выполнена в виде проточного реактора со стенкой из жаропрочного материала.

Теплообменник снабжен штуцерами для вывода из его полости продуктов окисления углеводородного сырья, которые направляют в систему выделения диоксида углерода. Выделенный из продуктов окисления диоксид углерода из системы выделения направляют в теплообменник. После нагревания в теплообменнике диоксид углерода подают в смеситель, в котором происходит смешение с метаном и дополнительное нагревание смеси выше 500°С.

При необходимости регулирования состава получаемого синтез-газа по соотношению СО/Н2 в смесь диоксида углерода с метаном в смеситель подают воду, что позволяет за счет паровой конверсии в камере получить необходимое соотношение СО/Н2. Схема предлагаемого устройства представлена на рисунке 4.

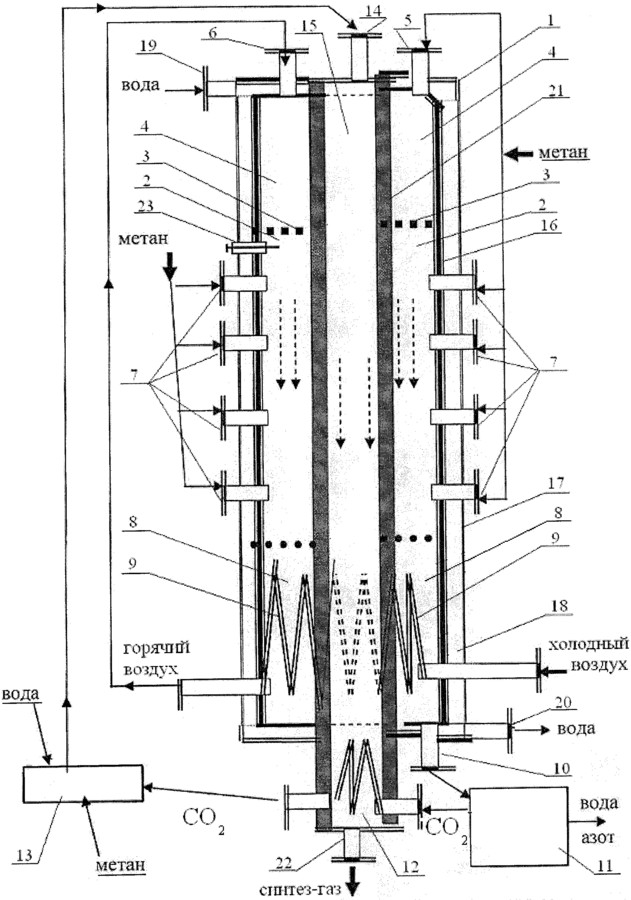


Рисунок 4 - Схема устройства по патенту РФ № 2361809

Изобретение позволяет обеспечить получение с высоким выходом концентрированного синтез-газа при использовании в качестве окислителя воздуха, уменьшение выхода сажи, возможность регулирования состава синтез-газа.

Недостатки данной системы в возможности применения в качестве сырья только метана, необходимости дополнительного его расхода на получение диоксида углерода, а также в больших затратах энергии на проведение процесса.

## Патент РФ № 2320531

Известен способ получения синтез-газа при горении и устройство для его осуществления по патенту РФ № 2320531.

В данном способе процесс горения проводят в турбулентном режиме в двухкамерном реакторе. Дополнительно к смеси в проточный реактор подают перегретый водяной пар в количестве 5-20 мас.% по отношению к массе поданного углерода в виде углеводородного сырья, что обеспечивает объемное отношение в продуктах процесса Н 2/СО≈2,0 и объемное отношение СО/CO2 свыше 4,0. В камере сгорания производят воспламенение трехкомпонентной смеси струей горячего газа из внешнего источника, количество этого газа составляет порядка 1-7 об.% по отношению к основному потоку, а давление превышает давление в первой камере. Подачу производят перпендикулярно оси основного потока газа. Внешний источник горячего газа выполняет дополнительную турбулизацию потока и работает по мере необходимости в режиме дежурного факела. Состав газа во внешнем источнике выбирается близким к стехиометрическому для его воспламенения посредством искры от свечи зажигания.

При этом продукты сгорания из первой камеры реактора через сопло с критическим перепадом давления направляют во вторую камеру и продолжают процесс горения до содержания кислорода в продуктах горения не более 0,3 об.%.

Время пребывания рабочей смеси в реакторе выбирают в пределах от 0,01 до 1,0 с.

Устройство для получения синтез-газа содержит форсуночную головку с двух- или однокомпонентными форсунками, первую камеру, охлаждаемое сопло, на выходе которого создается сверхкритический перепад давления, и вторую камеру. На боковой поверхности первой камеры расположены отверстия для ввода продуктов сгорания из микроЖРД, являющегося внешним источником горячего газа. Турбулизатор газового потока размещен внутри камеры сгорания ближе к ее середине и может быть выполнен в виде жаропрочной или охлаждаемой решетки. За критическим сечением сопла установлена вторая камера, объем которой в несколько раз больше объема первой камеры. Внутри второй камеры размещены теплообменники для подогрева компонентов рабочей смеси перед их подачей в первую камеру. На рисунке 5 представлена схема устройства.

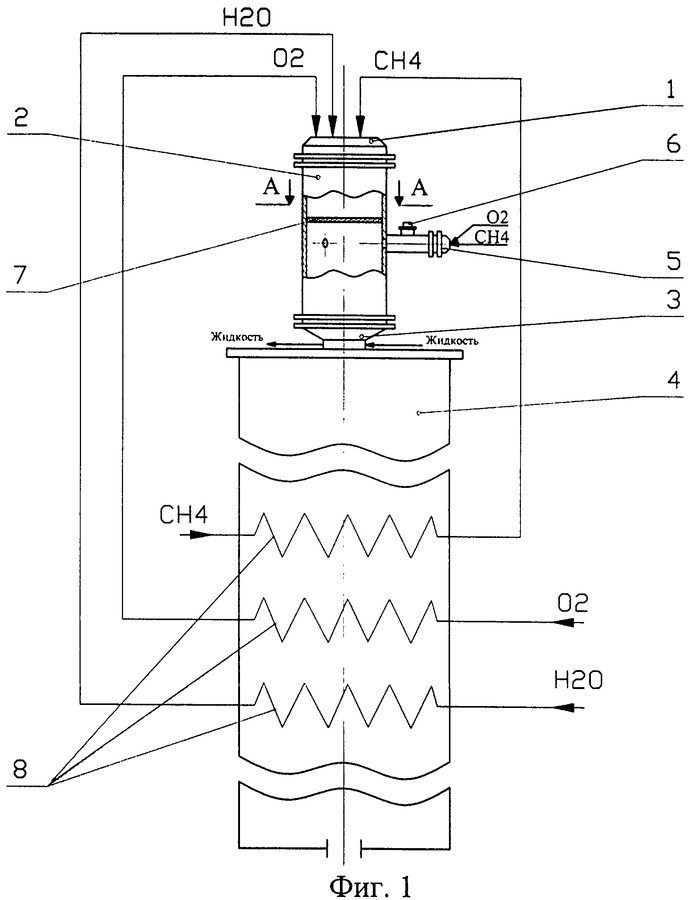


Рисунок 5 - Схема устройства по патенту РФ № 2320531

В качестве углеводородного сырья используют индивидуальные углеводороды алканового ряда, в частности метан, и/или их смеси, очищенные от примесей сернистых соединений.

В качестве окислителя используют газообразный молекулярный кислород и/или его смесь с инертными компонентами, например, воздух или обогащенный кислородом воздух.

Недостатком описанного устройства является возможность применения ограниченного ряда углеводородов в качестве сырья, необходимость его предварительного очищения, а также необходимость наличия внешнего источника горячих газов, например, микроЖРД.

## Патент РФ №2168459

Существует коаксиальный смесительный элемент-горелка типа "гомогенизированный газ-газ" для камер сгорания высокопроизводительных генераторов синтез-газа, предложенный в патенте РФ №2168459.

Устройство содержит цилиндрический охлаждаемый корпус, охлаждаемое торцевое днище, узлы подвода окислителя и горючего с добавкой к ним газов, корректирующих состав (H2O, CO2 ), или без них, узел подвода и отвода охлаждающего компонента, внутренние тракты окислителя и горючего. Устройство гомогенизации окислителя и горючего выполнено в виде двух цилиндрических оболочек, расположенных одна под другой. Оболочки имеют винтовое многозаходное оребрение противоположного направления, внутренняя оболочка – с наружными ребрами, а наружная – с внутренним. Между собой оболочки свободно, без пайки, но с натягом состыкованы по вершинам ребер, при этом образована перекрестная система каналов для прохода компонентов со множеством малого объема камер турбулентного смешения и гомогенизации окислителя и горючего.

Стабильная и развитая зона микровихрей в зоне торцевого днища, которая обеспечивает высокую интенсивность и полноту процесса конверсии при высоких скоростных параметрах, реализуется отношением суммарной площади каналов по сечению ввода гомогенизированной смеси в реакционную зону к свободной, непроницаемой площади торцевого днища. Схема устройства представлена на рисунке 6.

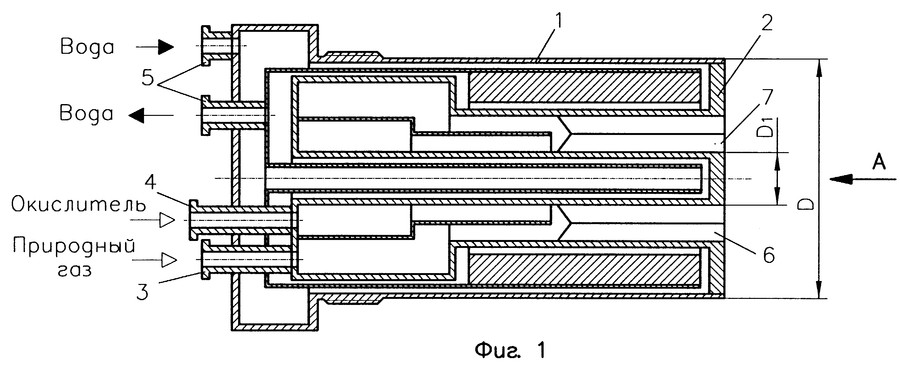


Рисунок 6 - Схема устройства по патенту РФ №2168459

Гомогенизирующее устройство одновременно выполняет и функции теплоемкостного пламегасителя.

Устройство работает следующим образом. Газообразный окислитель поступает через ввод в цилиндрическую полость, а из нее – в устройство гомогенизации. Устройство образует многочисленные микрокамеры смешения компонентов в результате состыковки оболочек. Сюда же через ввод и изолированную кольцевую полость поступает горючее. После смешения гомогенизированный поток в виде кольцевой струи истекает в камеру сгорания генератора синтез-газа. При работе генератора синтез-газа в результате экзотермической реакции окисления происходит выделение тепла, нагрев корпуса и торцевого днища смесительного элемента, поэтому эти элементы охлаждаются.

Таким образом, рассмотренный элемент является устройством подачи компонентов в КС, обеспечивающим распыл и смешение.

## Патент РФ №2168460

Известен коаксиальный смесительный элемент-горелка типа "газ-газ" для камер сгорания высокопроизводительных генераторов синтез-газа по патенту РФ №2168460. Данный патент является модификацией устройства подачи компонентов в КС, представленного в патенте РФ №2168459, рассмотренном выше.

Предлагаемый коаксиальный смесительный элемент - горелка содержит охлаждаемый цилиндрический корпус, охлаждаемое торцевое днище, периферийный тракт подачи горючего компонента, центральный тракт подачи окислителя, выполненные в виде коаксиальных цилиндров, узлы подвода основных компонентов, узел подвода и отвода охладителя. По трактам подачи окислительного и горючего компонентов, содержащих добавки газов-корректоров или без них, на входе в смесительный элемент, устанавливаются настроечные жиклеры, а на входе в каналы ввода компонентов в реакционную зону выполнены тангенциальные перепускные отверстия, обеспечивающие потребную по величине и направлению крутку потоков. Потоки усиливаются шнеками – многозаходными винтовыми оребрениями, установленными на выходе из каждого коаксиального канала вблизи среза ввода потоков в реакционную зону камеры сгорания газогенератора синтез-газа. Схематическое изображение реактора в основном исполнении (без вариантов модификации) представлено на рисунке 6, так как принципиальная схема при модификации патента не претерпела изменений.

Описанное устройство работает следующим образом. Горючий компонент и окислитель раздельно подаются через настроечные жиклеры в узлы подвода компонентов, а оттуда – в коаксиальные каналы. Проходя через перепускные отверстия, потоки закручиваются в прямо противоположных направлениях. Крутка потоков усиливается шнеками. Каждый из закрученных потоков истекает в виде кольцевых струй наружу (в камеру сгорания генератора синтез-газа), образуя вблизи торцевого днища структуированную вихревую зону.

Возможны варианты модификации предлагаемо конструкции – вариант со свободным участком охлаждаемого днища в центре и вариант с несколькими поясами подачи компонентов.

Принципиальное отличие рассмотренной конструкции от ее прототипа из более раннего патента заключается в том, что коаксиальные каналы выполнены с возможностью тангенциальной закрутки в противоположных направлениях струй подаваемых компонентов с помощью тангенциальных перепускных отверстий со шнеками.

## Патент РФ №2521377

Известен способ получения синтез-газа и устройство для его реализации по патенту РФ № 2521377. Схема предлагаемого устройства представлена на рисунке 7.

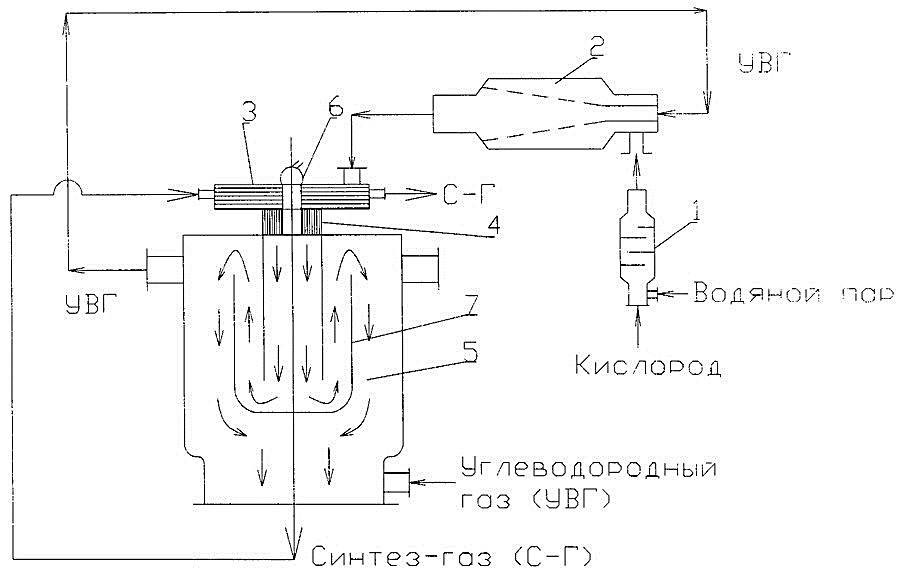


Рисунок 7 - Схема устройства к патенту РФ № 2521377

Газообразную смесь воздуха или кислорода с водяным паром готовят в смесителе. Перемешивание компонентов на молекулярном уровне происходит при движении газовой смеси вдоль оси смесителя по лабиринтному тракту, представляющему собой цилиндрический канал, разделенный перегородками. Углеводородный газ пропускают через систему охлаждения камеры, разогревая его и одновременно охлаждая реакционную зону камеры, смешивают полученный парокислородный окислитель с подогретым углеводородным газом во втором смесителе. Эффективность смешения для достижения полной гомогенизации обеспечивается за счет ступенчатого подвода парокислородного окислителя в поток углеводородного газа. Такая конструкция смесителя позволяет избежать появления в смешиваемом объеме областей, концентрация кислорода в которых будет выше концентраций самовоспламенения при данной температуре. Предварительное смешение компонентов топлива до образования гомогенной смеси позволяет избежать образования сажи в процессе горения в реакционной камере. Образовавшуюся реакционную смесь разогревают в теплообменнике полученным синтез-газом на выходе из реактора, одновременно охлаждая синтез-газ. Подогрев реакционной смеси при неизменном соотношении между окислителем и горючим позволяет реализовать большие температуры горения в реакторе, что, в свою очередь, уменьшает время, необходимое для завершения химических реакций получения синтез-газа, и, следовательно, позволяет снизить массогабаритные характеристики реактора.

Подогретая в теплообменном аппарате реакционная смесь через антипроскоковую решетку поступает на вход реакционной камеры, где поджигается факелом горячих газов из блока зажигания. Далее реагирующая смесь проходит через продольные полости проточной камеры, образованные внутренними разделительными перегородками. Из последней продольной полости полученный синтез-газ выводится из реакционной камеры и направляется в теплообменник, а затем – потребителю.

Изобретение позволяет снизить расход сырья и обеспечить безопасность процесса.

Недостатком рассмотренного способа является наличие двух теплообменников, что усложняет конструкцию.

## Патент РФ №2392297

Известна схема реактора для получения синтез-газа по патенту РФ № 2392297. Схема предлагаемого устройства представлена на рисунке 8.

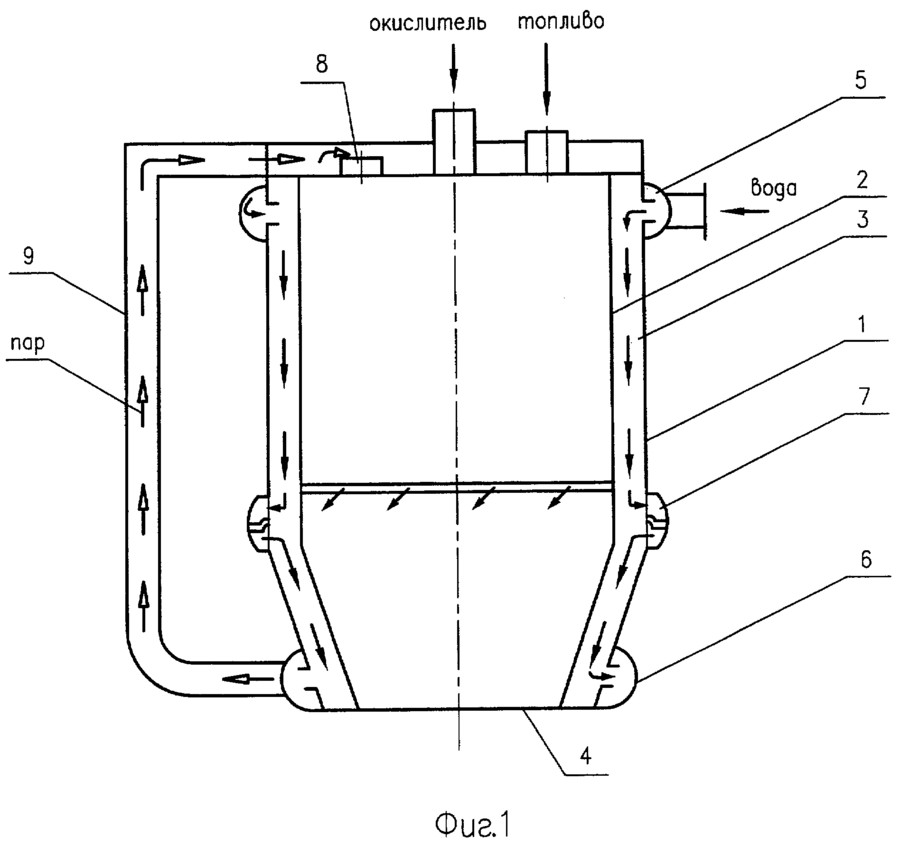


Рисунок 8 - Схема устройства к патенту РФ № 2392297

Изобретение относится к области химического машиностроения, а именно к установкам для получения синтез-газа из углеродсодержащего сырья.

Реактор включает корпус с водяной магистралью, с двухслойными металлическими водоохлаждаемыми стенками и внутренней полостью. В верхней части корпуса расположена горелка для ввода топлива и кислорода или парокислородной смеси. Патрубок для отвода газа расположен в нижней части корпуса. В корпусе выполнены два кольцевых коллектора. Один расположен в верхней части корпуса и присоединен к водяной магистрали, а другой расположен в нижней части корпуса и присоединен трубопроводом к горелке.

Дополнительно корпус снабжен поясом завесы, выполненным в виде кольцевого щелеобразного канала с реданами, обеспечивающий создание равномерного по сечению относительно холодного пристеночного слоя и прижатие пленки завесы к стенке реактора. Пояс завесы соединен с внутренней полостью, расположенной между двухслойными металлическими водоохлаждаемыми стенками корпуса.

Топливо, кислород или парокислородная смесь и пар из трубопровода поступают в горелку в верхней части корпуса. Воспламененная парогазовая смесь поступает в корпус, происходит реакция образования синтез-газа при температуре до 3000 К. Полученный синтез-газ выходит через патрубок, расположенный в нижней части корпуса, после чего температура синтез-газа составляет 1200-2400 К. Из водяной магистрали в кольцевой коллектор в верхней части корпуса поступает вода для охлаждения стенок реактора. По мере продвижения по внутренней полости эта вода испаряется и поступает в кольцевой коллектор нижней части корпуса, соединенный трубопроводом с горелкой. Такая схема присоединения кольцевых коллекторов обеспечивает подачу холодной воды в верхнюю, самую теплонапряженную часть корпуса реактора. Прохождение охлаждающей воды во внутренней полости стенок корпуса сонаправленно газовому потоку, что обеспечивает равномерность теплосъема со стенок корпуса реактора. Часть воды/пара поступает из внутренней полости стенок в пояс завесы для создания пристеночного защитного слоя.

Изобретение позволяет снизить расход топлива установки газогенерации, улучшить экологические показатели и повысить качество получаемого синтех-газа.

Недостатком предлагаемого устройства является его длина, а также высокое сажеобразование. Оно является следствием неравномерности температур в поперечном сечении реактора из-за неравномерной (несимметричной) подачи компонентов и, следовательно, неполной гомогенизации смеси.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был проведен патентный поиск в области разработки высокотемпературных реакторов парциального окисления и других устройств получения синтез-газа среди патентов Российской Федерации. В процессе работы был выполнен ряд задач:

* найдены патенты на устройства, близкие к рассматриваемому ВТР;
* изучены предлагаемые технические решения и принципиальные схемы;
* выделены достоинства и недостатки имеющихся предложений.

На основе проведенного патентного поиска и выделения недостатков имеющихся предложений можно выделить ряд следующих рекомендаций к проработке предлагаемого ВТР. Важно, чтобы разрабатываемый ВТР:

* имел как можно меньшую длину в продольном направлении, что облегчит компоновку установки;
* не требовал наличия дополнительных внешних устройств для обеспечения своей работы;
* мог работать на как можно большем количестве углеводородного сырья;
* был максимально неприхотлив к качеству подаваемого сырья;
* обладал системой подавления сажеобразования;
* предусматривал возможность простого и быстрого доступа к элементам для обслуживания.

Таким образом, были получены все необходимые данные, предусмотренные целью работы. На основе полученных рекомендаций планируется разработать ряд схематических предложений конструктивного исполнения многоходового ВТР с внутренним парогенератором для дальнейшего анализа.

# Список использованных источников

1. Патент №2523824 РФ С01В 3/32 B01J 19/26 Устройство для получения синтез-газа / Филимонов Ю.Н., Анискевич Ю.В. и др., патентообладатель ООО «ВТР» - заявл. №2012130048/05, 06.07.2012, опубл. 27.07.2014, бюл. №21
2. Патент №2412109 HA C1 C01B 3/36 Способ одностадийного получения синтез-газа при горении и устройство для его осуществления / Билера И.В., Колбановский Ю.А., Россихин И.В. и др., патентообладатель Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева (ИНХС РАН) – заявка 2009129650/05, 04.08.2009, опубл. 20.02.2011, бюл. №5
3. Патент №2361809 РФ С2 С01В 3/36 Способ получения синтез-газа и устройство для его осуществления / Плаченов Б.Т., Барунин А.А., Винокурова А.А. и др., патентообладатели Плаченов Б.Т., Барунин А.А., Винокурова А.А. и др. – заявка 2007136157/15, 25.09.2007, опубл. 20.07.2009, бюл. №20
4. Патент №2320531 РФ С2 С01В 3/36 B01J 7/00 Способ получения синтез-газа при горении и устройство для его осуществления / Билера И.В., Колбановский Ю.А., Петров С.К. и др., патентообладатель Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева (ИНХС РАН) – заявка 2006115006/15, 04.05.2006, опубл. 27.03.2008 бюл. №9
5. Патент №2168459 РФ С01В 3/36 F23D 14/62 коаксиальный смесительный элемент-горелка типа "гомогенизированный газ-газ" для камер сгорания высокопроизводительных генераторов синтез-газа / Кубиков В.Б., Аджян А.П., Егоров А.В. и др., патентообладатели Кубиков В.Б., Аджян А.П., Егоров А.В. и др. – опубл. 10.06.2001
6. Патент № 2168460 РФ С01В 3/36 F23D 14/62 коаксиальный смесительный элемент-горелка типа "газ-газ" для камер сгорания высокопроизводительных генераторов синтез-газа / Кубиков В.Б., Аджян А.П., Егоров А.В. и др., патентообладатели Кубиков В.Б., Аджян А.П., Егоров А.В. и др. – опубл. 10.06.2001
7. Патент №2521377 РФ С2 С01В 3/36 Способ получения синтез газа / Филимонов Ю.Н., Анискевич Ю.В., Красник В.В. и др., патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ВТР» – заявка 2012127264/05, 25.06.2012, опубл. 27.12.2013 бюл. №18
8. Реактор для получения синтез-газа: пат. 2392297 РФ: МПК С10J 3/34 /Филимонов Ю.Н., Прохоров Н.С., Ченцов М.С., Савченко Г.Б., Соколов В.С.; патентообладатель ОАО «ЦКБ морской техники «Рубин». - №2008151301/15; заявл.23.12.2008; опубл. 20.06.2010, Бюл. №17