

СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В ЦИКЛИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

5

Область применения

Изобретение относится к энергетике, а именно к способам преобразования внутренней энергии углеводородного топлива в механическую работу.

10

Предшествующий уровень техники

Известные современные способы получения тепловой энергии, за исключением атомной, термоядерной, солнечной и термальной, основаны на непосредственном сжигании источников энергии, то есть полном окислении всех горючих элементов, входящих в топливо (см. например, книгу Л.С.Стерман и др. «Тепловые и атомные электростанции», М., Энергоиздат, 1982).

Недостатки этих способов, при всём их многообразии, имеют общий характер и заключаются в следующем:

20

- невозможность переработки отходов с содержанием в них воды более 75%;
- теоретический к.п.д. лучших теплосиловых установок не превышает 75%, а эффективный – 35%;
- продукты сгорания, выбрасываемые в атмосферу, загрязняют окружающую среду и создают проблемы для существования самой жизни на Земле;
- природные, не возобновляемые топливно-энергетические ресурсы используются неэффективно;

25

- биомасса растений и продуктов жизнедеятельности человека и животных используются для получения энергии эпизодически и неэффективно.

Известен способ утилизации энергии, полученной в циклическом термохимическом процессе, и преобразования ее в механическую энергию, согласно которому смесь водорода и оксида углерода (энергонасоситель, подаваемый в двигатель) в молярном соотношении 3:1 подается из емкости в реактор, в котором в ходе каталитической реакции образуется смесь метана и водяного пара (рабочее тело) и подается в рабочую полость двигателя, в результате расширения смеси вырабатывается механическая энергия. Отработанная метанопаровая смесь направляется в систему охлаждения газоохлаждаемого высокотемпературного атомного реактора, который находится вне двигателя, где превращается в исходный водород и оксид углерода, (см. заявку WO 03/091549, кл. F01K25/06, 06.11.2003).

Данный способ позволяет значительно, по сравнению с известными, сократить расход топлива, однако, обладает следующими недостатками:

- для обеспечения цикличности процесса необходим высокотемпературный источник тепловой энергии, находящийся вне двигателя;
- способ может быть реализован только в стационарных условиях и в непосредственной близости от высокотемпературного источника энергии;
- способ не позволяет использовать другие виды углеродсодержащего сырья;

- способ не позволяет создавать автономные и транспортные двигатели;
- энергоноситель (смесь водорода и оксида углерода) должен изготавливаться на специализированном предприятии.

5 Известен способ преобразования энергии, выделяющейся в экзотермическом процессе, в механическую работу, включающий подачу исходного сырья в первый реактор (газогенератор), взаимодействие компонентов сырья в экзотермическом процессе, в результате которого образуется водород и оксид углерода, которые
10 подают в реактор метанатор (частный случай реактора Фишера-Тропша), где посредством каталитической реакции образуют рабочее тело – метанопаровую смесь, при расширении которой в двигателе производят механическую работу, а отработанное рабочее тело направляют на регенерацию во второй реактор и затем возвращают в
15 первый реактор. При этом исходное сырье в первом реакторе подвергают автотермической или термической газификации с отделением водорода и оксида углерода, подаваемых в реактор метанатор, от сопутствующих продуктов, каталитическую реакцию между водородом и оксидом углерода осуществляют при температуре
20 от 600К до 1400К и давлении 0,6 – 20 МПа (патент RU №2323351, кл. F01K23/04, 27.04.2008).

Указанный способ имеет следующие недостатки:

- не используются энергия и газы, выделяющиеся в газогенераторе при риформинге или газификации исходного сырья;
- 25 - плазмохимический риформинг или газификация используются только для переработки водных смесей;

- проведение процесса метанирования при температуре более 700К на товарных катализаторах трудноосуществимо:

- ограничение температуры от 600К до 1400К и давления 0,6-20 МПа существенно ограничивает достигаемые результаты.

5 Наиболее близким по технической сущности и достигаемому

результату является способ преобразования энергии с регенерацией энергоносителей в циклическом процессе теплового двигателя, заключающийся в том, что углеводородное топливо и кислород подают в газогенератор, в котором топливо газифицируют или конвертируют в автотермическом или термическом режиме с

образованнием смеси водорода и оксида углерода, полученную смесь водорода и оксида углерода подают в устройство для преобразования их кинетической и тепловой энергии в механическую энергию, после чего смесь водорода и оксида углерода подают в реактор гидрирования, где в каталитическом процессе образуют

15 углеводородные вещества и пирогенную воду, которые через устройство преобразования энергии смеси подают в газогенератор для их конвертирования с образованием таким образом первого контура циркуляции: газогенератор – устройство преобразования

20 кинетической энергии в механическую энергию – реактор гидрирования – устройство преобразования тепловой и кинетической энергии газов в механическую энергию – газогенератор, воду в паровых котлах, обогреваемых продуктами газификации и гидрирования, испаряют и подают в устройство преобразования

25 энергии пара в механическую энергию, например, в турбину, (патент RU №2386819, кл. F01K23/04, 20.04.2010).

В известном техническом решении удалось существенно повысить ряд характеристик и устранить присущие способу циклической регенерации недостатки, выявившиеся в процессе практической реализации данного способа.

5 Однако при этом выявлены следующие недостатки:

- использование метанатора для регенерации оксида углерода, если метан не является целевой продукцией энерготехнологической установки, приводит к увеличению расхода энергии на собственные нужды, в связи с компримированием горячей метанопаровой смеси
- 10 и к увеличению стоимости оборудования, необходимого для реализации способа;
- мольное отношение водорода к оксиду углерода в синтез газе 3:1 ограничивает применение способа,
- обязательное использование плазмохимического способа не всегда
- 15 целесообразно, поскольку ограничивает использование других способов газификации исходного сырья;
- обязательное использование благородных газов или смеси благородных газов уменьшает производительность газогенераторов и реакторов гидрирования оксидов углерода.

20

Раскрытие изобретения

Задача, положенная в основу заявляемого изобретения, заключается в создании способа преобразования энергии с циклической регенерацией оксидов углерода в двигателях

25 внутреннего сгорания, в котельных агрегатах в процессах извлечения и переработки сырья, содержащего углеводороды, включая газы, смеси различных веществ, промышленные и бытовые отходы.

Технический результат, заключающийся в упрощении процесса регенерации оксидов углерода, образующихся в тепловых двигателях или в котельных агрегатах, или в различных технологических процессах.

5 Указанная задача решается, а технический результат достигается

за счет того, что способ преобразования энергии с регенерацией энергоносителей в циклическом процессе теплового двигателя заключается в том, что углеводородное топливо и кислород подают в газогенератор, в котором топливо газифицируют или конвертируют в автотермическом или термическом режиме с образованием смеси

10 водорода и оксида углерода, полученную смесь водорода и оксида углерода подают в устройство для преобразования их кинетической и тепловой энергии в механическую энергию, после чего смесь водорода и оксида углерода подают в реактор гидрирования, где в

15 каталитическом процессе образуют углеводородные вещества и пирогенную воду, которые подают в газогенератор для их конвертирования с образованием таким образом первого контура циркуляции: газогенератор – устройство преобразования

20 кинетической и тепловой энергии в механическую энергию – реактор гидрирования – газогенератор, в паровых котлах, испаряют воду и подают пар в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию, например, в турбину, паровые котлы выполняют в газогенераторе и реакторе гидрирования и таким образом путем нагрева воды в последних поддерживают в

25 газогенераторе и реакторе гидрирования изотермический режим процессов газификации и гидрирования, пар из устройства преобразования энергии пара в механическую энергию направляют в

- конденсатор, из которого конденсат пара возвращают в паровые котлы и формируют таким образом второй контур циркуляции: паровые котлы – устройство преобразования энергии пара в механическую энергию – конденсатор – паровые котлы, при этом конденсат пара распределяют между котлами пропорционально их производительности, причем при газификации или конвертации в газогенераторе углеводородного топлива в автотермическом или термическом режиме образуют смесь водорода и оксидов углерода, одновременно в реакторе гидрирования в каталитическом процессе образуют смесь углеводородных веществ и пирогенную воду, а в газогенераторе двигателя подают чистый кислород из кислородной станции или кислород в составе воздуха из воздушной, при этом поступающий в воздухозаборник воздух предварительно охлаждают или нагревают, в зависимости от климатических условий, до точки росы в каскаде теплообменников, а затем охлаждают до температуры $0^{\circ}\text{C} \dots -3^{\circ}\text{C}$ в детандерной турбине, процесс охлаждения повторяют до остаточного содержания влаги в воздухе не более $0,2 \text{ г/м}^3$, а образовавшийся конденсат собирают и используют для подпитки паровых котлов, после чего кислород в составе воздуха подают в кислородную станцию или непосредственно в газогенератор.
- Охлаждение воздуха производят в каскаде теплообменников холодным воздухом, или холодным азотом или охлаждающей газовой смесью, нагрев – горячей водой или паром, а конденсат воды используют для подпитки паровых котлов.
- Пар из парового котла, установленного в реакторе гидрирования, направляют в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию через установленный в газогенераторе пароперегреватель.

В газогенераторе двигателя получают синтез-газ с молярным соотношением H_2 : CO и H_2 : CO_2 , необходимым и достаточным для полной регенерации оксидов углерода.

При молярном соотношении CO : CO_2 меньше 1, дополнительный водород, необходимый для гидрирования углекислого газа, получают из пирогенной воды или перегретого водяного пара.

Часть пара из устройства преобразования энергии пара в механическую энергию направляют в газогенераторе пароперегреватель, после чего перегретый пар возвращают в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию.

Из реактора гидрирования часть полученных в нем углеводородов отделяют от полученной смеси и направляют на дальнейшую переработку в ректификационную колонну.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 представлена принципиальная схема теплового двигателя для реализации описанного способа преобразования энергии.

На фиг.2 представлена принципиальная схема теплового двигателя для реализации описанного способа преобразования энергии с одновременным получением химических продуктов в ректификационной колонне.

На фиг.3 представлена принципиальная схема теплового двигателя для реализации описанного способа преобразования энергии с пароперегревателем, подключенным к устройству преобразования энергии пара в механическую энергию.

Лучший вариант осуществления изобретения

Описываемый способ преобразования энергии может быть реализован в тепловом двигателе, например двигателе внутреннего сгорания в соответствии с фиг.1, который содержит газогенератор 1 с
5 расположенным в нем паровым котлом 2 и пароперегревателем 3, при этом газогенератор 1 подключен к источникам кислорода и углеводородного топлива, а также выходом водорода и оксидов углерода к устройству для преобразования их кинетической и тепловой энергии в механическую энергию 4, например турбине,
10 последнее выходом подключено к реактору гидрирования 5, в котором расположен второй паровой котел 6, при этом последний выходом подключен к устройству преобразования энергии пара в механическую энергию 7, например, турбине, подключенной выходом к конденсатору 8, а последний выходом воды подключен к паровым
15 котлам 2 и 6, реактор гидрирования 5 выходом углеводородных веществ и пирогенной воды подключен к газогенератору 1.

Второй паровой котел 6 может быть подключен к устройству преобразования энергии пара в механическую энергию 7 через пароперегреватель 3, либо через пароперегреватель 3 к устройству
20 преобразования энергии пара в механическую энергию 7 может быть подключен отвод пара из устройства преобразования энергии пара в механическую энергию 7.

Реактор гидрирования подключен выходом углеводородных веществ и пирогенной воды к колонне ректификации 9.

25 Кроме того, в качестве источника кислорода 10 в газогенератор 1 могут быть использованы воздуходувка или кислородная станция (не

показаны на чертежах, а также при подготовке воздуха использован каскад теплообменников и детандерная турбина (не показаны).

Способ преобразования энергии с регенерацией энергоносителей в циклическом процессе теплового двигателя заключается в том, углеводородное топливо и кислород подают в газогенератор 1, в котором топливо газифицируют или конвертируют в автотермическом или термическом режиме с образованием смеси водорода и оксида углерода. Полученную смесь водорода и оксида углерода подают в устройство для преобразования их кинетической и тепловой энергии в механическую энергию 4, после чего смесь водорода и оксида

углерода подают в реактор гидрирования 5, где в каталитическом процессе образуют углеводородные вещества и пирогенную воду, которые подают в газогенератор 1 для их конвертирования с образованием таким образом первого контура циркуляции: газогенератор 1 – устройство преобразования кинетической и тепловой энергии в механическую энергию 4 – реактор гидрирования 5 – газогенератор 1.

В паровых котлах 2 и 6, испаряют воду и подают пар в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию 7, например, в турбину. Паровые котлы 2 и 6 располагают, соответственно в газогенераторе 1 и реакторе гидрирования 6 и таким образом путем нагрева воды в последних поддерживают в газогенераторе 1 и реакторе гидрирования 5 изотермический режим процессов газификации и гидрирования. Пар из устройства преобразования энергии пара в механическую энергию 7 направляют в конденсатор 8, из которого конденсат пара возвращается в паровые котлы 2 и 6 и формируют таким образом второй контур циркуляции:

25 преобразования энергии пара в механическую энергию 7 направляют в конденсатор 8, из которого конденсат пара возвращается в паровые котлы 2 и 6 и формируют таким образом второй контур циркуляции:

паровые котлы 2 и 6 - устройство преобразования энергии пара в механическую энергию 7 – конденсатор 8 – паровые котлы 2 и 6. Конденсат пара распределяют между котлами 2 и 6 пропорционально их производительности, причем при газификации или конвертации в газогенераторе 1 углеводородного топлива в автотермическом или термическом режиме образуют смесь водорода и оксидов углерода, а в реакторе гидрирования 5 в каталитическом процессе образуют смесь углеводородных веществ и пирогенную воду.

10 В газогенераторе 1 двигателя подают чистый кислород из кислородной станции или кислород в составе воздуха из воздухоподготовки при этом поступающий в воздухоподборник воздух предварительно охлаждают или нагревают, в зависимости от климатических условий, до точки росы в каскаде теплообменников, а затем охлаждают до температуры $0^{\circ}\text{C} \dots -3^{\circ}\text{C}$ в детандерной турбине, процесс охлаждения повторяют до остаточного содержания влаги в воздухе не более $0,2 \text{ г/м}^3$, а образовавшийся конденсат собирают и используют для подпитки паровых котлов 2 и 6, после чего кислород в составе воздуха подают в кислородную станцию или непосредственно в газогенератор 1.

20 Охлаждение воздуха производят в каскаде теплообменников холодным воздухом, или холодным азотом или охлаждающей газовой смесью, нагрев – горячей водой или паром, а конденсат воды используют для подпитки паровых котлов 2 и 6.

25 Пар из парового котла 6, установленного в реакторе гидрирования 5, направляют (см. фиг.1) в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию 7 через установленный в газогенераторе 1 пароперегреватель 3.

В газогенераторе 1 двигателя получают синтез-газ с мольным отношением $H_2 : CO$ и $H_2 : CO_2$, необходимым и достаточным для полной регенерации оксидов углерода.

При мольном отношении $CO:CO_2$ меньше 1, дополнительный водород, необходимый для гидрирования углекислого газа, получают из пирогенной воды или перегретого водяного пара.

Часть пара (см. фиг.2) из устройства преобразования энергии пара в механическую энергию 7 направляют в установленный в газогенераторе 1 пароперегреватель 3, после чего перегретый пар возвращают в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию 7.

Из реактора гидрирования 5 часть полученных в нем углеводородов отделяют от полученной смеси и направляют на дальнейшую переработку в ректификационную колонну 9 (см. фиг.3).

Описанные выше установки могут быть объединены между собой, как это показано на фиг.3

В качестве углеводородного топлива могут быть использованы газ или преимущественно жидкое топливо, при этом, поскольку энтальпия его окисления, отнесенная к 1 литру объема максимальна, из топливного бака или из баллона подают в газогенератор 1, который, по существу, является камерой сгорания или блоком газогенераторов 1 двигателя. В газогенераторе 1 в свободном объеме при температуре 1625 – 2500 К или при температуре 785 – 1620 К в присутствии катализаторов, образуется синтез газ – смесь водорода и оксидов углерода. Процесс, предпочтительно, проводят при давлении 0,11 – 30 МПа. При плазмокаталитическом процессе температуру в плазме устанавливают в пределах 1700 – 10000 К и более. Синтез газ в реакторе гидрирования 5 при каталитическом гидрировании оксидов

углерода в каталитическом изотермическом режиме образуются углеводороды с количеством углеродных атомов от C_1 до C_{25} , кислородсодержащие углеводородные соединения C_1 - C_4 и, возможно, пары воды. Процесс проводят при давлении 3,1 МПа и температуре
5 610 К.

Теоретический эффективный коэффициент полезного действия может достигать 0,733, коэффициент цикла Карно – 0,89.

Промышленная применимость

10 Настоящее изобретение может быть использовано в энергетике и машиностроении, в частности в автомобилестроении или судостроении, а также в химической промышленности для получения механической энергии вращения вала турбины для привода
15 транспортных средств и электрогенераторов, а также для одновременного производства различной химической продукции с использованием, в частности ректификационных колонн.

Формула изобретения

1. Способ преобразования энергии с регенерацией энергоносителей в циклическом процессе теплового двигателя, заключающийся в том, что углеводородное топливо и кислород подают в газогенератор, в котором топливо газифицируют или конвертируют в автотермическом или термическом режиме с образованием смеси водорода и оксида углерода, полученную смесь водорода и оксида углерода подают в устройство для преобразования их кинетической и тепловой энергии в механическую энергию, после чего смесь водорода и оксида углерода подают в реактор гидрирования, где в каталитическом процессе образуют углеводородные вещества и пиролизную воду, которые подают в газогенератор для их конвертирования с образованием таким образом первого контура циркуляции: газогенератор – устройство преобразования кинетической и тепловой энергии в механическую энергию – реактор гидрирования – газогенератор, в паровых котлах, испаряют воду и подают пар в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию, например, в турбину, отличающийся тем, что паровые котлы располагают в газогенераторе и реакторе гидрирования и таким образом путем нагрева воды в последних поддерживают в газогенераторе и реакторе гидрирования изотермический режим процессов газификации и гидрирования из устройства преобразования энергии пара в механическую энергию направляют в конденсатор, из которого конденсат пара возвращают в паровые котлы и формируют таким образом второй контур циркуляции: паровые котлы – устройство преобразования энергии пара в механическую энергию – конденсатор – паровые котлы, при
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25

этом конденсат пара распределяют между котлами пропорционально их производительности, причем при газификации или конвертации в газогенераторе углеводородного топлива в автотермическом или термическом режиме образуют смесь водорода и оксидов углерода, одновременно в реакторе гидрирования в каталитическом процессе образуют смесь углеводородных веществ и пирогенную воду, а в газогенератор двигателя подают чистый кислород из кислородной станции или кислород в составе воздуха из воздухоудовки, при этом поступающий в воздухозаборник воздух предварительно охлаждают или нагревают, в зависимости от климатических условий, до точки росы в каскаде теплообменников, а затем охлаждают до температуры $0^{\circ} \dots -3^{\circ}\text{C}$ в детандерной турбине, процесс охлаждения повторяют до остаточного содержания влаги в воздухе не более $0,2 \text{ г/м}^3$, а образовавшийся конденсат собирают и используют для подпитки паровых котлов, после чего кислород в составе воздуха подают в кислородную станцию или непосредственно в газогенератор.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что охлаждение воздуха производят в каскаде теплообменников холодным воздухом, или холодным азотом или охлаждающей газовой смесью, нагрев – горячей водой или паром, а конденсат воды используют для подпитки паровых котлов.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что пар из парового котла, установленного в реакторе гидрирования, направляют в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию через установленный в газогенераторе пароперегреватель.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в газогенераторе двигателя получают синтез-газ с мольным отношением $\text{H}_2 : \text{CO}$ и $\text{H}_2 :$

CO₂, необходимым и достаточным для полной регенерации оксидов углерода.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при мольном отношении CO : CO₂ меньше 1, дополнительный водород, необходимый
5 для гидрирования углекислого газа, получают из пирогенной воды или перегретого водяного пара.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что часть пара из устройства преобразования энергии пара в механическую энергию направляют в установленный в газогенераторе пароперегреватель, после чего
10 перегретый пар возвращают в устройство преобразования энергии пара в механическую энергию.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что из реактора гидрирования часть полученных в нем углеводородов отделяют от полученной смеси и направляют на дальнейшую переработку в ректификационную колонну.