

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036341**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.10.29**

(21) Номер заявки  
**201891014**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.05.30**

(51) Int. Cl. **C10B 7/02 (2006.01)**  
**C10B 57/00 (2006.01)**  
**C10B 57/10 (2006.01)**

---

(54) **СПОСОБ И УСТАНОВКА ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ  
ОРГАНОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

---

(43) **2019.04.30**

(86) **PCT/RU2016/000324**

(87) **WO 2017/209638 2017.12.07**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
"ЭНЕРГОЛЕСПРОМ" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Грачев Андрей Николаевич,  
Башкиров Владимир Николаевич,  
Забелкин Сергей Андреевич, Макаров  
Александр Александрович, Пушкин**

**Сергей Альбертович, Бикбулатова  
Гузелия Мансуровна, Земсков Иван  
Геннадьевич, Буренков Сергей  
Владимирович (RU)**

(74) Представитель:

**Котлов Д.В., Черняев М.А., Равлина  
Е.А., Яремчук А.А., Пустовалова  
М.Л., Акуленко Е.С. (RU)**

(56) **RU-C1-2395559  
RU-C1-2281313  
EA-B1-008391  
RU-C1-2482160**

(57) Изобретение относится к области переработки органических веществ, в частности к технике переработки измельченных древесных отходов, продуктов растениеводства, отходов пищевой промышленности, отходов животноводства и птицеводства. Полученные в процессе термической переработки органосодержащего сырья продукты могут применяться в качестве топлива. Установка термохимической конверсии органосодержащего сырья содержит камеру сушки, камеру герметичной подачи сырья, реактор пиролиза, устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток, блок конденсации. Реактор пиролиза имеет снабженную как минимум одной лопаткой вращающуюся поверхность с осью вращения, совпадающей с продольной осью реактора пиролиза, и как минимум одну поверхность абляции круглого или эллиптического сечения, перпендикулярного оси вращения вращающейся поверхности. Камера герметичной подачи сырья снабжена средствами нагрева сырья. Рабочее пространство реактора пиролиза по ходу сырья снабжено устройствами независимого нагрева, которые формируют три следующие друг за другом зоны: зону первичного пиролиза, зону очистки парогазовой смеси, снабженную устройством отделения и возврата продуктов неполной деструкции, и зону вторичного пиролиза. Способ включает сушку, герметичную подачу сырья в реактор пиролиза, термическое разложение сырья без доступа воздуха в реакторе пиролиза с получением твердых продуктов и парогазовой смеси, последующее разделение ее конденсацией на жидкие продукты и газообразные продукты. После сушки органосодержащее сырье перед подачей в реактор пиролиза предварительно нагревают до температуры, близкой, но не превышающей температуру начала термического разложения наименее термически стойкого компонента органосодержащего сырья. Поверхности камеры нагревают до температуры, исключающей конденсацию парогазовых продуктов пиролиза, а температуру нагрева сырья регулируют временем пребывания в зоне предварительного нагрева. Термическое разложение осуществляют в виде следующих последовательных протекающих в соответствующих зонах реактора пиролиза, имеющих возможность независимого температурного регулирования стадий: первичного пиролиза, очистки парогазовой смеси, вторичного пиролиза. Использование заявленной группы изобретений позволяет повысить эффективность процесса термохимической конверсии органосодержащего сырья.

**B1****036341****036341 B1**

### **Область техники**

Изобретение относится к области переработки органических веществ, в частности к технике переработки измельченных древесных отходов, продуктов растениеводства, отходов пищевой промышленности, отходов животноводства и птицеводства. Полученные в процессе термической переработки органосодержащего сырья продукты могут применяться в качестве топлива.

### **Уровень техники**

Из уровня техники известен способ абляционного пиролиза в вертикальном цилиндрическом резервуаре с расположенным внутри соосно с резервуаром вращающимся ротором с лопатками, обеспечивающими нагрев сырья за счет контакта с нагреваемыми стенками резервуара, с выходом твердых фракций и пара через расположенные близко ко дну резервуара отверстия (№ US 8128717 B2, Mar. 6, 2012 - Mechanically driven centrifugal pyrolyzer (Механический центрифужный пиролизер)).

Недостатком данного способа является невозможность обеспечения одинакового времени пребывания частиц сырья в реакционной зоне, то есть обеспечения одинаковой степени деструкции сырья и стабильного качества получаемых продуктов. Кроме того, контакт поступающих в реактор частиц сырья с восходящими потоками образующихся парогазовых продуктов деструкции и частичная конденсация этих паров на частицах сырья приводят к слипанию частиц, забиванию образующейся массой пространства между лопатками и ротором, исключают возможность обеспечения необходимого контакта сырья с нагреваемыми стенками резервуара, затрудняют теплообмен и таким образом исключают бесперебойную работу и стабильное качество образующихся продуктов.

Также из уровня техники известен способ абляционного термолиза, включающий герметичную подачу частиц сырья, абляционный термолиз частиц сырья, зажатых между вращающейся поверхностью и нагреваемой поверхностью абляции, при перемещении частиц сырья в процессе термолиза вдоль поверхности абляции с помощью вращающейся поверхности, выгрузку продуктов термолиза (US 2005/0173237 A1, Aug. 2005 - Ablative thermolysis reactor (Реактор абляционного термолиза)).

Недостатками известного способа являются сложность регулирования скорости осевого перемещения частиц сырья и необходимого времени контакта частиц сырья с нагреваемой поверхностью абляции и, следовательно, невозможность обеспечения стабильного качества получаемых продуктов, а также возможность слипания и накопления частиц между вращающейся поверхностью и поверхностью абляции с образованием кольцевой пробки между вращающейся поверхностью и валом. Слипание и накопление частиц сырья происходит в результате контакта более холодных частиц сырья, поступающих на термолиз, с парогазовыми продуктами реакции и их частичной конденсации на поверхности частиц. Подобное накопление может привести к прекращению процесса и заклиниванию аппарата. Кроме того, подобрать материал, обеспечивающий стабильную работу упругого элемента при температуре от 450 до 700°C, чрезвычайно сложно ввиду того, что диапазон рабочих температур конструкционных материалов, обеспечивающих упругость, значительно меньше 500°C.

Сочетание вышеперечисленных факторов приводит к низкой эффективности и надежности конструкции.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ термической переработки органосодержащего сырья (RU № 2395559, 27.07.2010), в котором термохимическая конверсия органосодержащего сырья в газообразное и жидкое топливо осуществляется путем нагрева сначала в камере сушки сушильным агентом температурой 160-200°C, полученным смешением топочных газов, прошедших рубашку камеры пиролиза, с воздухом, а затем термического разложения без доступа воздуха в реакторе пиролиза с получением твердых продуктов пиролиза и парогазовой смеси с последующей конденсацией части парогазовой смеси в жидкое топливо, причем часть несконденсированной парогазовой смеси после предварительного подогрева до температуры 450-520°C подается в реактор пиролиза в количестве, обеспечивающем время пребывания продуктов пиролиза в камере пиролиза не более 2 с и избыточное давление в камере пиролиза на уровне 500-1000 Па.

Недостатками данного способа являются: дополнительный расход тепла на подогрев части несконденсированной парогазовой смеси, которая после конденсации жидкого топлива подается в камеру пиролиза, значительные колебания времени пребывания частиц сырья в камере пиролиза, регулируемого количеством подаваемого рециркулирующего газа, осмоление деталей устройства электрогенерации отводимой частью несконденсированной парогазовой смеси и еще большее слипание частиц сырья на входе в камеру пиролиза в результате циркуляции мелкодисперсного тумана капельной высококипящей жидкости в контуре рециркуляции газа, что приводит к нестабильности качества продуктов деструкции перерабатываемого сырья. Кроме того, подача циркулирующего газа в камеру пиролиза приводит к дополнительному уносу мелкодисперсного угля в контур циркуляции газа, осаждению этого угля на стенках газоходов, уменьшению рабочего сечения газоходов и еще большей нестабильности процесса пиролиза. Совместный отбор твердого продукта (углистого остатка) и парогазовой смеси из реактора приводит к адсорбции компонентов парогазовой смеси на поверхности углистого остатка и снижению его качества.

### **Сущность заявленной группы изобретений**

Задачей предлагаемого изобретения является повышение стабильности и эффективности процесса

термохимической конверсии органосодержащего сырья, повышение надежности работы установки и качества получаемых продуктов.

Техническим результатом заявленной группы изобретений является повышение эффективности процесса термохимической конверсии органосодержащего сырья, заключающееся в обеспечении бесперебойной работы при стабильно высоком качестве получаемых продуктов.

Технический результат достигается за счет того, что в установке термохимической конверсии органосодержащего сырья, содержащей камеру сушки, камеру герметичной подачи сырья, реактор пиролиза, имеющий снабженную как минимум одной лопаткой вращающуюся поверхность с осью вращения, совпадающей с продольной осью реактора пиролиза, и как минимум одну поверхность абляции круглого или эллиптического сечения, перпендикулярного оси вращения вращающейся поверхности, устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток, блок конденсации, состоящий из массообменного аппарата и сепаратора, камера герметичной подачи сырья снабжена средствами нагрева сырья, а рабочее пространство реактора пиролиза по ходу сырья снабжено устройствами независимого нагрева, которые формируют три следующие друг за другом зоны: зону первичного пиролиза, зону очистки парогазовой смеси, снабженную устройством отделения и возврата продуктов неполной деструкции, и зону вторичного пиролиза.

В частном случае реализации заявленного технического решения лопатки шарнирно закреплены на вращающейся поверхности реактора пиролиза и имеют не менее одной степени свободы.

В частном случае реализации заявленного технического решения устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток имеет с ними кинематическую связь, вынесено из зоны высокой температуры, изолировано от воздействия образующейся парогазовой смеси и выполнено с возможностью обеспечения упругого прижима с требуемой периодичностью и усилием в направлении как к поверхности абляции, так и к вращающейся поверхности.

В частном случае реализации заявленного технического решения упругость в устройстве независимой и упругой установки угла наклона лопаток достигается пневматическим, механическим, электромагнитным и другими методами.

В частном случае реализации заявленного технического решения лопатки размещены на вращающейся поверхности реактора пиролиза со смещением друг относительно друга по длине и радиусу вращающейся поверхности, в частности, по винтовой линии.

В частном случае реализации заявленного технического решения рельеф поверхности абляции реактора пиролиза выполнен в виде винтовой поверхности с переменным или постоянным шагом, причем винтовая поверхность может быть выполнена без разрывов или отдельными участками.

В частном случае реализации заявленного технического решения устройства нагрева каждой из трех зон реактора пиролиза имеют возможность независимой друг от друга регулировки температуры.

В частном случае реализации заявленного технического решения сепаратор блока конденсации соединен трубопроводом с зоной очистки реактора.

Технический результат также достигается за счет того, что в способе термохимической конверсии органосодержащего сырья, включающем сушку, герметичную подачу сырья в реактор пиролиза, термическое разложение сырья без доступа воздуха в реакторе пиролиза с получением твердых продуктов и парогазовой смеси, последующее разделение ее конденсацией на жидкие продукты (сконденсированную часть парогазовой смеси) и газообразные продукты (несконденсированную часть парогазовой смеси), после сушки органосодержащее сырье перед подачей в реактор пиролиза предварительно нагревают до температуры, близкой, но не превышающей температуру начала термического разложения наименее термически стойкого компонента органосодержащего сырья, причем поверхности камеры нагревают до температуры, исключающей конденсацию парогазовых продуктов пиролиза, а температуру нагрева сырья регулируют временем пребывания в зоне предварительного нагрева; термическое разложение осуществляют в виде следующих последовательных протекающих в соответствующих зонах реактора пиролиза, имеющих возможность независимого температурного регулирования стадий: первичного пиролиза, в которой сырье переводят в твердые продукты и парогазовую смесь, очистки парогазовой смеси, в которой парогазовую смесь первичного пиролиза охлаждают до температуры, обеспечивающей первичную конденсацию части парогазовой смеси, осуществляют самопроизвольное взаимодействие образовавшегося конденсата с отведенной с нею частью твердых и непрореагировавших продуктов путем осаждения конденсата на данных продуктах, возвращают и смешивают продукты взаимодействия с твердыми продуктами первичного пиролиза, вторичного пиролиза, в которой образующиеся парогазовые продукты совместно с парогазовой смесью первичного пиролиза отводят на стадию очистки парогазовой смеси, а твердые продукты отводят из зоны вторичного пиролиза, исключая их контакт с парогазовой смесью первичного пиролиза.

В частном случае реализации заявленного технического решения конденсацию осуществляют в три последовательных стадии: первичное охлаждение парогазовой смеси в зоне очистки парогазовой смеси реактора пиролиза, конденсация паровой фазы в конденсаторе, сепарация несконденсированной части парогазовой смеси от капельной жидкости с рециркуляцией части газообразного продукта через зону очистки реактора пиролиза.

В частном случае реализации заявленного технического решения первичный пиролиз осуществляют преимущественно в режиме механической абляции. В частном случае реализации заявленного технического решения в зонах первичного и вторичного пиролиза предусмотрена возможность независимой продувки нагретым до соответствующей температуры инертным газом или газом, обладающим восстановительными или окислительными свойствами.

#### **Краткое описание чертежей**

Детали, признаки, а также преимущества настоящей группы изобретений следуют из нижеследующего описания вариантов реализации заявленных технических решений с использованием чертежей, на которых

фиг. 1 - схема установки термохимической конверсии органосодержащего сырья;

фиг. 2 - схематичное изображение устройства независимой и упругой установки угла наклона лопаток, реализованного пневматическим методом;

фиг. 3 - схема процесса быстрого пиролиза.

На фигурах цифрами обозначены следующие позиции:

1 - камера сушки; 2 - камера герметичной подачи сырья; 3 - реактор пиролиза; 4 - устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток; 5 - устройство отделения и возврата продуктов неполной деструкции; 6 - блок конденсации; 7 - сепаратор; 8 - топка; 9 - устройство выгрузки угля; 10 - лопатки; 11 - пневмоцилиндры.

#### **Раскрытие изобретения**

Для решения поставленной задачи в установке термохимической конверсии органосодержащего сырья, содержащей камеру сушки, камеру герметичной подачи сырья, реактор пиролиза, имеющий снабженную как минимум одной лопаткой вращающуюся поверхность с осью вращения, совпадающей с продольной осью реактора пиролиза, и как минимум одну поверхность абляции круглого или эллиптического сечения, перпендикулярного оси вращения вращающейся поверхности, устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток, блок конденсации, состоящий из массообменного аппарата и сепаратора, камера герметичной подачи сырья снабжена средствами нагрева сырья, а рабочее пространство реактора пиролиза снабжено устройствами независимого нагрева, которые формируют три следующие друг за другом зоны: зону первичного пиролиза, зону очистки парогазовой смеси, снабженную устройством отделения и возврата продуктов неполной деструкции, и зону вторичного пиролиза, причем лопатки шарнирно закреплены на вращающейся поверхности реактора пиролиза и имеют не менее одной степени свободы; устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток имеет с ними кинематическую связь, вынесено из зоны высокой температуры, изолировано от воздействия образующейся парогазовой смеси и выполнено с возможностью обеспечения упругого прижима с требуемой периодичностью и усилием в направлении как к поверхности абляции, так и к вращающейся поверхности; упругость в устройстве независимой и упругой установки угла наклона лопаток может достигаться пневматическим, механическим, электромагнитным и другими методами; лопатки размещены на вращающейся поверхности реактора пиролиза со смещением друг относительно друга по длине и радиусу вращающейся поверхности, в частности, по винтовой линии; рельеф поверхности абляции реактора пиролиза выполнен в виде винтовой поверхности с переменным или постоянным шагом, причем винтовая поверхность может быть выполнена без разрывов или отдельными участками; устройства нагрева каждой из трех зон реактора пиролиза имеют возможность независимой друг от друга регулировки температуры; сепаратор блока конденсации соединен трубопроводом с зоной очистки парогазовой смеси реактора.

Также для решения поставленной задачи в способе термохимической конверсии органосодержащего сырья, включающем сушку, герметичную подачу сырья в реактор пиролиза, термическое разложение сырья без доступа воздуха в реакторе пиролиза с получением твердых продуктов и парогазовой смеси, последующее разделение парогазовой смеси конденсацией на жидкие продукты (сконденсированную часть парогазовой смеси) и газообразные продукты (несконденсированную часть парогазовой смеси), после сушки органосодержащее сырье перед подачей в реактор пиролиза предварительно нагревают до температуры, близкой, но не превышающей температуру начала термического разложения наименее термически стойкого компонента органосодержащего сырья, причем поверхности камеры нагревают до температуры, исключающей конденсацию парогазовых продуктов пиролиза, а температуру нагрева сырья регулируют временем пребывания в зоне предварительного нагрева, термическое разложение осуществляют в виде следующих последовательных протекающих в соответствующих зонах реактора пиролиза, имеющих возможность независимого температурного регулирования стадий:

первичного пиролиза, в которой осуществляют термохимическую конверсию сырья в твердые продукты и парогазовую смесь преимущественно в режиме механической абляции, не исключая применения других методов,

очистки парогазовой смеси, заключающейся в ее отводе из зоны первичного пиролиза, охлаждении до температуры, обеспечивающей очистку парогазовой смеси от отведенной с нею части твердых и непрореагировавших продуктов, возврате и смешении этих продуктов с твердыми продуктами первичного пиролиза,

и вторичного пиролиза с отводом образовавшихся при этом парогазовых продуктов совместно с па-

рогозовой смесью первичного пиролиза через зону и устройство очистки парогазовой смеси и отводом твердых продуктов из камеры пиролиза, исключаяющим их контакт с парогазовой смесью первичного пиролиза,

причем в зонах первичного и вторичного пиролиза предусмотрена возможность независимой продувки нагретым до соответствующей температуры инертным газом или газом, обладающим восстановительными или окислительными свойствами;

конденсацию осуществляют в три последовательных стадии: первичное охлаждение парогазовой смеси в зоне очистки парогазовой смеси реактора пиролиза, конденсация паровой фазы в конденсаторе, сепарация несконденсированной части парогазовой смеси от капельной жидкости с рециркуляцией части газообразного продукта через зону очистки реактора пиролиза.

Нагрев органосодержащего сырья после сушки перед подачей в реактор пиролиза в камере герметичной подачи сырья, снабженной средствами нагрева до температуры близкой, но не превышающей температуру начала термического разложения наименее термически стойкого компонента органосодержащего сырья, позволяет частично вынести зону нагрева сырья из реактора, исключить возможность конденсации продуктов парогазовой смеси на поступающих в реактор из сушильного бункера частицах сырья, повысить эффективность теплообмена в реакторе.

При этом поверхности камеры герметичной подачи нагреваются до температуры, исключаяющей конденсацию парогазовых продуктов пиролиза, которая снижает эффективность процесса и качество конечных продуктов. Регуляция температуры предварительного нагрева сырья временем пребывания позволяет эффективно применять способ и установку для различных видов сырья и исключить термическое разложение в камере герметичной подачи сырья.

Осуществление термического разложения последовательно в три стадии в соответствующих зонах реактора пиролиза (зона первичного пиролиза, зона очистки парогазовой смеси, зона вторичного пиролиза), имеющих возможность независимого температурного регулирования, позволяет обеспечить конверсию органосодержащего сырья с максимальной эффективностью и стабильно высоким качеством получаемых продуктов, осуществить очистку парогазовой смеси от летучего мелкодисперсного угля, образующего в присутствии парогазовой смеси на выходе из реактора слой смолообразного непрореагировавшего продукта, вернуть его в зону реакции, предотвратить тем самым уменьшение сечения газоходов, налипание и засорение узлов установки, исключить сорбцию углистым остатком, находящимся в зоне вторичного пиролиза, парогазовой смеси, повысить тем самым надежность работы устройства выгрузки угля и качество получаемого угля, а также улучшить качество жидких продуктов.

Последовательное расположение зон реактора пиролиза предотвращает контакт поступающего сырья с продуктами термического разложения, а также контакт угля в зоне вторичного пиролиза с парогазовой смесью первичного пиролиза, что повышает качество выгружаемого угля за счет снижения содержания продуктов вторичного разложения парогазовой смеси.

Осуществление конденсации в три последовательных стадии (первичное охлаждение парогазовой смеси в зоне очистки парогазовой смеси реактора пиролиза, конденсация паровой фазы в конденсаторе, сепарация несконденсированной части парогазовой смеси от капельной жидкости с рециркуляцией части газообразного продукта через зону очистки реактора пиролиза) позволяет повысить эффективность отделения конденсируемых продуктов и капельных жидкостей от газообразных продуктов, исключить каталитическое ускорение реакции осмоления в парогазовой смеси, снизить температурный градиент в конденсаторе за счет подачи парогазовой смеси, охлажденной в зоне очистки реактора пиролиза, повысить эффективность дальнейшего использования газообразных продуктов, в частности, для генерации электроэнергии за счет снижения содержания капельной жидкости.

Осуществление первичного пиролиза в режиме механической абляции позволяет понизить требования к размеру частиц, в частности позволяет перерабатывать частицы размером до 50 мм, снижая затраты на предварительное измельчение сырья.

Независимая продувка нагретым до соответствующей температуры инертным газом или газом, обладающим восстановительными или окислительными свойствами, в зонах первичного и вторичного пиролиза позволяет улучшить условия первичного пиролиза и повысить качество угля. Продувка инертным газом позволяет устранить последствия попадания воздуха в зону реакции, тем самым повысить безопасность работы установки. Продувка газом, обладающим восстановительными свойствами, позволяет повысить содержание углерода в получаемом угле путем перевода части веществ, адсорбированных углем, в углерод. Продувка газом, обладающим окислительными свойствами, позволяет проводить процесс активации угля, улучшая показатели пористости и сорбционной емкости, что также повысит его качество.

Шарнирное закрепление лопаток на вращающейся поверхности реактора пиролиза и наличие у них не менее одной степени свободы позволяет осуществлять саморегулируемый и надежный прижим частиц в зависимости от различных параметров (размер частиц сырья и т.п.) при работе к поверхности абляции, а также при периодической чистке к поверхности вращения.

Вынесение устройства независимой и упругой установки угля наклона лопаток из зоны высокой температуры и его изоляция от агрессивного воздействия образующейся парогазовой смеси обеспечивает бесперебойную стабильную работу реактора и установки в целом, а также надежность процесса пироли-

за.

Обеспечение возможности упругого прижима лопатки с требуемой периодичностью как в направлении к поверхности абляции, так и к вращающейся поверхности позволяет проводить качественную очистку узлов реактора от частиц сырья периодически при непрерывном осуществлении процесса.

Размещение лопаток на вращающейся поверхности реактора пиролиза со смещением друг относительно друга по длине и радиусу вращающейся поверхности, в частности, по винтовой линии, а также выполнение рельефа поверхности абляции реактора пиролиза в виде винтовой поверхности с переменным шагом позволяют обеспечить контролируемое осевое перемещение частиц сырья по поверхности абляции реактора пиролиза.

Установка термохимической конверсии органосодержащего сырья включает в себя камеру сушки (1), камеру герметичной подачи сырья (2), реактор пиролиза (3), блок конденсации (6) и топку (8). Камера сушки транспортными устройствами сообщена через дозирующие устройства с камерой герметичной подачи сырья и топкой. В частном случае такими транспортными устройствами являются винтовые конвейеры (на схеме условно не показаны).

Блок конденсации включает в себя последовательно установленные массообменное устройство - конденсатор и сепаратор.

Рабочее пространство реактора пиролиза снабжено устройствами независимого нагрева, которые формируют три следующие друг за другом зоны: первую по ходу сырья - зону первичного пиролиза, вторую зону - зону очистки парогазовой смеси, снабженную устройством отделения и возврата продуктов неполной деструкции, и третью зону - зону вторичного пиролиза. Реактор пиролиза снабжен имеющей возможность независимого регулирования температуры в каждой зоне поверхностью абляции.

Реактор пиролиза снабжен в зоне первичного пиролиза патрубком, соединяющим реактор с камерой герметичной подачи сырья, в зоне очистки - патрубками отвода парогазовой смеси после очистки в конденсатор и подвода части газообразного продукта после сепаратора на охлаждение парогазовой смеси первичного пиролиза, в зоне вторичного пиролиза - устройством выгрузки угля.

Реактор пиролиза также снабжен ротором, на вращающейся поверхности которого с уступом по длине и радиусу расположены лопатки, имеющие кинематическую связь с устройством независимой и упругой установки угла наклона лопаток. Устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток вынесено из зоны высокой температуры и изолировано от воздействия образующейся парогазовой смеси. Независимая упругая установка угла и усилия прижима лопаток может осуществляться механическим, электромагнитным, пневматическим и другими методами. В частном случае это осуществлено пневматическим методом с помощью пневмоцилиндров и распределителя.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет обеспечить повышение стабильности и эффективности процесса термохимической конверсии органосодержащего сырья, повышение надежности работы установки и качества получаемых продуктов.

Установка работает следующим образом. Органосодержащее сырье поступает в камеру сушки (1), где происходит удаление из него влаги до влажности не более 10% абс. мас. Сушка осуществляется сушильным агентом, получаемым при смешении топочных газов, отходящих из рубашки реактора пиролиза (3), с воздухом. Высушенное органосодержащее сырье поступает в камеру герметичной подачи сырья (2), где происходит его нагрев до температуры начала термического разложения. В частном случае нагрев до температуры начала термического разложения осуществлен через стенку отходящими из реактора топочными газами. Причем поверхности камеры герметичной подачи сырья могут нагреваться значительно выше температуры начала термического разложения для исключения конденсации парогазовых продуктов, а нагрев сырья регулируется временем пребывания в камере.

Частицы нагретого сырья, поступающие в реактор пиролиза (3), несмотря на полидисперсный состав, надежно прижимаются лопатками вращающейся поверхности к горячей поверхности абляции, в результате чего происходит термохимическая конверсия органосодержащего сырья. Прижим частиц сырья лопатками обеспечивается с помощью устройства (4), в качестве варианта конкретного исполнения в котором кинематическая связь пневмоцилиндров с лопатками обеспечивается коаксиальными валами. Причем устройство (4), включающее пневмораспределитель и пневмоцилиндры, вынесено из зоны высокой температуры и изолировано от воздействия образующейся парогазовой смеси (фиг. 2).

Рельеф поверхности абляции в виде винтовой линии и расположение лопаток по винтовой линии обеспечивают заданное шагом винтовой линии и скоростью вращения ротора осевое перемещение твердых частиц сырья. Так как в процессе термохимической конверсии исходного сырья количество твердых частиц уменьшается, стабильность процесса вдоль оси реактора пиролиза (3) обеспечивается переменным шагом винтовой линии по длине реактора и регулируемым усилием прижима лопаток. После прохождения сырьем зоны первичного пиролиза образующаяся парогазовая смесь с некоторым количеством летучего мелкодисперсного углистого остатка, образующегося в результате достаточно интенсивной механоактивированной обработки (абляции), поступает в устройство отделения и возврата продуктов неполной деструкции (5).

Оседающий на стенках устройства отделения и возврата продуктов неполной деструкции (5) насыщенный парами и частично сконденсированными продуктами разложения мелкодисперсный летучий

уголь в виде смолообразного непрореагировавшего продукта (продукты взаимодействия) возвращается в зону реакции пиролиза и далее вместе с оставшимся твердым углистым остатком подается в зону вторичного пиролиза для прокалики и далее через устройство выгрузки угля 9 в сборник угля. Очищенная от продуктов неполной деструкции парогазовая смесь подается в блок конденсации (6) на конденсацию (конденсатор) и на отделение конденсата в капельной фазе в виде тумана от неконденсируемого газа (сепаратор). Причем сепаратор может быть как инерционного типа, так и в виде электрофильтра. Далее часть охлажденных газообразных продуктов вентилятором подается в зону очистки парогазовой смеси реактора пиролиза (3).

Смешивание горячей парогазовой смеси с охлажденными газообразными продуктами способствует объемной конденсации паров, коагуляции и осаждению образующихся капель конденсата и частичек мелкодисперсного летучего угля на рабочих поверхностях устройства отделения и возврата продуктов неполной деструкции в виде смолообразного непрореагировавшего продукта (продукты взаимодействия). Продукты взаимодействия периодически, но при непрерывной работе реактора пиролиза (3) принудительно отделяются от стенок и других элементов конструкции устройства отделения и возврата продуктов неполной деструкции (5) и возвращаются в реактор пиролиза.

В частном случае независимый нагрев каждой зоны реактора пиролиза производится путем подачи в рубашку реактора топочных газов, полученных при сжигании топлива в топке (8), после смешивания их с воздухом для обеспечения необходимого температурного режима процесса пиролиза. После прохождения через рубашку реактора пиролиза (3) и смешивания с воздухом топочные газы подаются сначала в камеру герметичной подачи сырья для нагрева последнего до температуры близкой, но не превышающей температуру начала термического разложения наименее термически стойкого компонента органосодержащего сырья, а затем - в камеру сушки в качестве сушильного агента. В качестве конкретного использования способа и установки термохимической конверсии органосодержащего сырья приведены основные режимные параметры и конструктивные характеристики для древесного сырья.

№	Параметр	Значение
1.	Температура в камере сушки	110...120°C
2.	Температура в камере герметичной подачи сырья	220...350°C
3.	Температура в зоне первичного пиролиза реактора пиролиза	450...500°C
4.	Температура в зоне очистки парогазовой смеси реактора пиролиза	100-490...520°C
5.	Температура в зоне прокалики реактора пиролиза	520...700°C
6.	Температура в блоке конденсации, не более	30...50°C
7.	Размер частиц сырья	до 50 мм

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Установка термохимической конверсии органосодержащего сырья, содержащая камеру сушки, камеру герметичной подачи сырья, реактор пиролиза, имеющий снабженную как минимум одной лопаткой вращающуюся поверхность с осью вращения, совпадающей с продольной осью реактора пиролиза, и как минимум одну поверхность абляции круглого или эллиптического сечения, перпендикулярного оси вращения вращающейся поверхности, устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток, блок конденсации, состоящий из массообменного аппарата и сепаратора, отличающаяся тем, что камера герметичной подачи сырья снабжена средствами нагрева сырья, а рабочее пространство реактора пиролиза по ходу сырья снабжено устройствами независимого нагрева, которые формируют три следующие друг за другом зоны: зону первичного пиролиза, зону очистки парогазовой смеси, снабженную устройством отделения и возврата продуктов неполной деструкции, и зону вторичного пиролиза.

2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что лопатки шарнирно закреплены на вращающейся поверхности реактора пиролиза и имеют не менее одной степени свободы.

3. Установка по п.1, отличающаяся тем, что устройство независимой и упругой установки угла наклона лопаток имеет с ними кинематическую связь, вынесено из зоны высокой температуры, изолировано от воздействия образующейся парогазовой смеси и выполнено с возможностью обеспечения упругого прижима с требуемой периодичностью и усилием в направлении как к поверхности абляции, так и к вращающейся поверхности.

4. Установка по п.1, отличающаяся тем, что упругость в устройстве независимой и упругой установки угла наклона лопаток может достигаться пневматическим, механическим, электромагнитным и другими методами.

5. Установка по п.1, отличающаяся тем, что лопатки размещены на вращающейся поверхности реактора пиролиза со смещением друг относительно друга по длине и радиусу вращающейся поверхности, в частности, по винтовой линии.

6. Установка по п.1, отличающаяся тем, что рельеф поверхности абляции реактора пиролиза выполнен в виде винтовой поверхности с переменным или постоянным шагом, причем винтовая поверхность может быть выполнена без разрывов или отдельными участками.

7. Установка по п.1, отличающаяся тем, что устройства нагрева каждой из трех зон реактора пиролиза имеют возможность независимой друг от друга регулировки температуры.

8. Установка по п.1, отличающаяся тем, что сепаратор блока конденсации соединен трубопроводом с зоной очистки парогазовой смеси реактора.

9. Способ термохимической конверсии органосодержащего сырья, включающий сушку, герметичскую подачу сырья в реактор пиролиза, термическое разложение сырья без доступа воздуха в реакторе пиролиза с получением твердых продуктов и парогазовой смеси, последующее разделение парогазовой смеси конденсацией на жидкие продукты в виде сконденсированной части парогазовой смеси и газообразные продукты в виде несконденсированной части парогазовой смеси, осуществляемый в устройстве по п.1,

отличающийся тем, что после сушки органосодержащее сырье перед подачей в реактор пиролиза предварительно нагревают до температуры, близкой, но не превышающей температуру начала термического разложения наименее термически стойкого компонента органосодержащего сырья, причем поверхности камеры нагревают до температуры, исключающей конденсацию парогазовых продуктов пиролиза, а температуру нагрева сырья регулируют временем пребывания в зоне предварительного нагрева;

термическое разложение осуществляют в виде следующих последовательных протекающих в соответствующих зонах реактора пиролиза, имеющих возможность независимого температурного регулирования стадий:

первичного пиролиза, в которой сырье переводят в твердые продукты и парогазовую смесь,

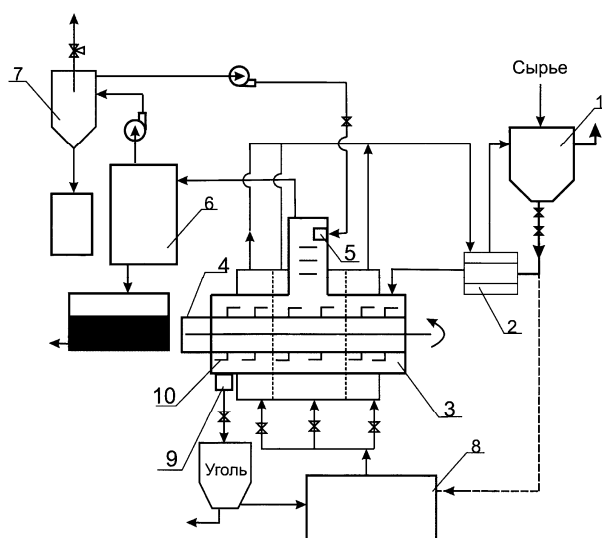
очистки парогазовой смеси, в которой парогазовую смесь первичного пиролиза охлаждают до температуры, обеспечивающей первичную конденсацию части парогазовой смеси, при самопроизвольном взаимодействии образовавшегося конденсата с отведенной с нею частью твердых и непрореагировавших продуктов путем осаждения конденсата на данных продуктах, возвращают и смешивают продукты взаимодействия с твердыми продуктами первичного пиролиза,

и вторичного пиролиза, в которой образующиеся парогазовые продукты совместно с парогазовой смесью первичного пиролиза отводят на стадию очистки парогазовой смеси, а твердые продукты отводят из зоны вторичного пиролиза, исключая их контакт с парогазовой смесью первичного пиролиза.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что конденсацию осуществляют в три последовательных стадии: первичное охлаждение парогазовой смеси в зоне очистки парогазовой смеси реактора пиролиза, конденсация паровой фазы в конденсаторе, сепарация несконденсированной части парогазовой смеси от капельной жидкости с рециркулирующей части газообразного продукта через зону очистки реактора пиролиза.

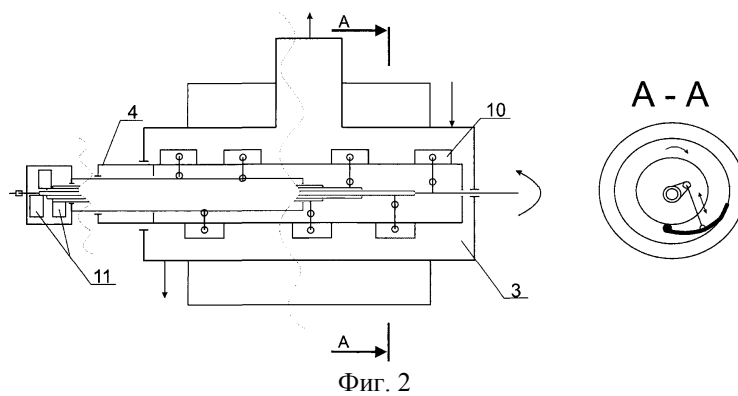
11. Способ по п.9, отличающийся тем, что первичный пиролиз осуществляют преимущественно в режиме механической абляции.

12. Способ по п.9, отличающийся тем, что в зонах первичного и вторичного пиролиза предусмотрена возможность независимой продувки нагретым до соответствующей температуры инертным газом или газом, обладающим восстановительными или окислительными свойствами.

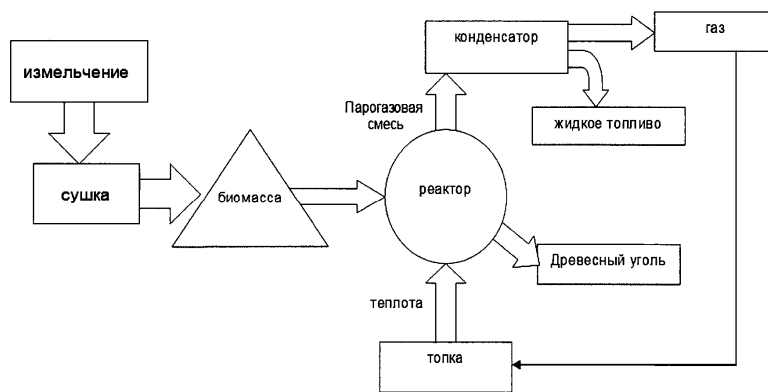


Фиг. 1





Фиг. 2



Фиг. 3

