



(51) МПК
C10G 1/00 (2006.01)
C10G 9/00 (2006.01)
C10B 53/02 (2006.01)
C10L 1/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014123610/04, 10.06.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 10.06.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.06.2014

(45) Опубликовано: 27.06.2015 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2265625 C1, 10.12.2005. RU 2393200 C2, 27.06.2010. WO 2011/116689 A, 29.09.2011. RU 2395559 C1, 27.07.2010. RU 140672 U1, 20.05.2014. RU 2408649 C2, 10.01.2011. RU 2126028 C1, 10.02.1999. SU 327229 A, 22.03.1972. WO 2013021328 A1, 14.02.2013. WO 2012167790 A2, 13.12.2012

Адрес для переписки:

170023, г.Тверь, а/я 2305, Ратовой Е.Н.

(72) Автор(ы):

Соловьёв Игорь Георгиевич (RU),
 Соколов Владимир Фёдорович (RU),
 Мочалов Алексей Константинович (RU),
 Кожаринова Ольга Игоревна (RU),
 Бакланов Николай Александрович (RU),
 Петушков Владимир Алексеевич (RU),
 Ластелла Лоренцо (IT)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
 "Научно-производственное объединение РГ
 ИННОВАЦИИ" (RU),
 БИОТЕХОЙЛ д.о.о. (SL)

(54) СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В ТОПЛИВО

(57) Реферат:

Изобретение относится к области переработки органических отходов и может быть использовано в сельском, коммунальном хозяйстве, в топливной промышленности в качестве топлива для транспортных средств, теплостанций, котельных. Способ переработки органического сырья в топливо включает термохимическую переработку сырья в реакторе быстрого пиролиза с последующей конденсацией парогазовой смеси в конденсаторе-холодильнике, выделение из нее фракций жидких углеводородов и топливного газа с дальнейшей их очисткой, отличающийся тем, что температуру парогазовой смеси на пути его перемещения из реактора до входа в конденсатор-холодильник поддерживают на уровне 450-700°C, при этом парогазовую смесь сначала конденсируют холодной водой с температурой 0-65°C при

соотношении вода : парогазовая смесь = 2÷1 - 3÷1, удаляют из конденсатора-холодильника образовавшийся топливный газ, который вторично охлаждают, выделяя из него воду путем конденсации водяного пара, и направляют на быстрый пиролиз, после наполнения емкости конденсатора-холодильника водой и снижения температуры до 65°C из нее сливают воду с жидким топливом из легких углеводородов, а оставшийся в конденсаторе-холодильнике смолистый осадок растворяют при перемешивании мешалкой в течение 30-40 минут биоэтанолом. Технический результат - получение пирогазности с теплотой сгорания 28-32 МДж/кг, также получают пирогаз, при этом также осуществляют растворение смолистых веществ. 4 з.п. ф-лы, 4 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C10G 1/00 (2006.01)*C10G* 9/00 (2006.01)*C10B* 53/02 (2006.01)*C10L* 1/00 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014123610/04, 10.06.2014

(24) Effective date for property rights:
10.06.2014

Priority:

(22) Date of filing: 10.06.2014

(45) Date of publication: 27.06.2015 Bull. № 18

Mail address:

170023, g.Tver', a/ja 2305, Ratovoj E.N.

(72) Inventor(s):

Solov'ev Igor' Georgievich (RU),
Sokolov Vladimir Fedorovich (RU),
Mochalov Aleksej Konstantinovich (RU),
Kozharinova Ol'ga Igorevna (RU),
Baklanov Nikolaj Aleksandrovich (RU),
Petushkov Vladimir Alekseevich (RU),
Lastella Lorentso (IT)

(73) Proprietor(s):

BIOTECHOIL d.o.o. (SL)

(54) **METHOD OF PROCESSING ORGANIC RAW MATERIAL INTO FUEL**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method of processing organic raw material into fuel includes thermochemical processing of raw material in fast pyrolysis reactor with further condensation of steam-gas mixture in condenser-refrigerator, separation of fractions of liquid hydrocarbons and fuel gas from it, with their further purification, characterised by the fact that temperature of steam-gas mixture is supported at the level 450-700°C on the way of its transportation from reactor to input into condenser-refrigerator, with steam-gas mixture being first condensed with hot water with temperature 0-65°C with ratio water:steam-gas mixture

= 2÷1 - 3÷1; formed fuel gas is removed from condenser-refrigerator, re-cooled with separating water from it by water steam condensation, and supplied to fast pyrolysis; after filling reservoir of condenser-refrigerator with water and reduction of temperature to 65°C water with liquid fuel from light hydrocarbons is discharged from it, with resinous precipitate being dissolved by bioethanol with mixing by mixer for 30-40 min.

EFFECT: obtaining pyro-liquid with combustion heat 28-32, with obtaining pyrogas and realisation of dissolution of resinous substances.

5 cl, 4 ex

Изобретение относится к области переработки органических отходов, в частности к технике переработки отходов животноводства и птицеводства, а также древесины и других видов биомассы, которые после быстрого пиролиза в реакторе при высокой температуре в среде газообразных углеводородов в отсутствие кислорода образуют
5 смолистые высокомолекулярные вещества, склонные к отверждению, и может быть использовано в сельском хозяйстве, коммунальном хозяйстве, в топливной промышленности в качестве топлива для транспортных средств, теплоэлектростанций, котельных и т.д.

Известен способ переработки органических веществ в газообразное и жидкое топливо
10 (RU 2265625, Кл. C08J 11/00, F23G 5/027, F23G 7/00, 2005 г.) путем их измельчения и нагрева без доступа воздуха сначала в камере удаления влаги, а затем в камере пиролиза с переводом продуктов пиролиза в парогазовую фазу и последующей конденсацией части парогазовой фазы в жидкое топливо. Время термической обработки органического вещества в камере удаления влаги изменяют в зависимости от его влажности, измеряемой
15 в потоке органического вещества, например, электрическим датчиком, постоянно передающим сигнал устройству, регулирующему скорость подачи органического вещества в камеру удаления влаги и/или протяженность зоны нагрева органического вещества в камере удаления влаги, а в камере пиролиза время термической обработки фракций органического вещества, различающихся по размерам частиц, изменяют в
20 зависимости от размеров частиц органического вещества, для чего увеличивают суммарное время нахождения более крупных частиц вещества в зоне нагрева камеры пиролиза до их полного разложения за счет многократного прохождения этой зоны путем повторной загрузки неразложившихся частиц в зону нагрева и их повторной термической обработки.

Однако качество топлива, полученного указанным способом, невысокое из-за
25 большого загрязнения его смолистыми веществами, полученными в результате пиролиза.

Известен способ термической переработки органосодержащего сырья в газообразное и жидкое топливо (RU 2395559, Кл. C10B 57/10, C10B 51/00, C10B 47/00, C10B 49/02, 2010
30 г.) путем нагрева сначала в камере сушки, а затем без доступа воздуха в камере пиролиза с переводом продуктов пиролиза в уголь и газообразное топливо - парогазовую смесь с последующей конденсацией части парогазовой смеси в жидкое топливо. Часть несконденсированной парогазовой смеси после предварительного подогрева до температуры 450-520°C подается в камеру пиролиза в количестве, обеспечивающем время пребывания продуктов пиролиза в камере пиролиза не более 2 с и избыточное
35 давление в камере пиролиза на уровне 500-1000 Па.

Продукты конденсации (жидкого и газообразного топлива), полученные по известному способу, также не обладают высоким качеством из-за наличия в них смолистых элементов, и, кроме того, способ достаточно сложный, т.к. требует избыточного давления.

Известен способ переработки твердых органосодержащих веществ и отходов в
40 газообразное и жидкое топливо (RU 2281312, C10B 49/00, C10B 53/00, C08J 11/12, F23G 5/027, 2006 г.) путем нагрева их с заданной скоростью нагрева, с последующим направлением полученных газообразных фракций на дальнейшую переработку конденсацией. Органосодержащие вещества и отходы измельчают до размеров частиц
45 0,05-5 мм, а высокоскоростной нагрев осуществляют без доступа воздуха со скоростью нагрева $10 \cdot 10^6$ град/с при температуре 751-1000°C в течение $10 \cdot 10^{-5}$ с, очистку полученного газообразного топлива осуществляют путем пропускания через жидкую фракцию предварительно сконденсированного топлива, при этом органосодержащее

вещество и отходы спрессовывают между вращающимися валами при температуре валов 751-1000°C в течение $10 \cdot 10^{-5}$ с, а скорость подачи органосодержащего вещества и отходов устанавливают в пределах $V=(0,02 \div 10,2)D$, где V - скорость подачи, г/с, D - диаметр валов, см, при скорости вращения валов 1-100 об/мин.

Однако указанный способ требует повышенного расхода электроэнергии и также не обладает высоким качеством.

Прототипом изобретения является способ термохимической переработки органического сырья в топливные компоненты (RU, 2265625, Кл. C10L 5/48, F23G 5/027, 2006 г.), включающий загрузку сырья в реактор для термохимической переработки, термохимическую переработку (быстрый пиролиз), осуществляемую в потоке газообразного теплоносителя, вводимого в нижнюю часть реактора, выгрузку углистого твердого остатка и разделение парогазовой смеси на жидкую и газовую составляющие. Перед загрузкой в реактор в органическое сырье вводят катализатор, осуществляют предварительный прогрев и дополнительную продувку органического сырья от кислорода, для равномерной и полной обработки сырья в реактор, по меньшей мере, в двух местах, вводят газообразный теплоноситель, который готовят вне реактора. Разделение парогазовой смеси производят путем ее ступенчатого пропускания через разделительные аппараты, где выделяют из смеси не менее двух фракций жидких углеводородов и топливный газ, после чего смесь пропускают через теплообменник для сбора остатков фракций жидких углеводородов, далее смесь направляют в циклон-сепаратор, где окончательно отделяют фракции жидких углеводородов, а очищенный топливный газ направляют для дальнейшего использования.

Недостатком указанного способа является невысокий выход газообразного и жидкого топлива и невысокое его качество.

Задачей изобретения является разработка способа переработки органического сырья в топливо, в том числе: жидкое, газообразное и углистое, дающего при пиролизе смолистые компоненты с одновременной возможностью регулирования выхода топливного газа и жидких углеводородов.

Техническим результатом изобретения является повышение выхода и качества жидкого и газообразного топлива.

Поставленная задача и, как следствие, технический результат достигаются тем, что способ переработки органического сырья в топливо, включает термохимическую переработку сырья в реакторе быстрого пиролиза с последующей конденсацией парогазовой смеси в конденсаторе-холодильнике, выделением из нее фракций жидких углеводородов и топливного газа с дальнейшей их очисткой. Согласно изобретению температуру парогазовой смеси на пути его перемещения из реактора до входа в конденсатор-холодильник поддерживают на уровне 450-700°C, при этом парогазовую смесь сначала конденсируют холодной водой с температурой 0-65°C при соотношении вода : парогазовая смесь = 2÷1-3÷1, удаляют из конденсатора-холодильника образовавшийся топливный газ, который вторично охлаждают, выделяя из него воду путем конденсации водяного пара и направляют на быстрый пиролиз, после наполнения емкости конденсатора-холодильника водой и снижения температуры до 65°C из нее сливают воду с жидким топливом из легких углеводородов, а оставшийся в конденсаторе-холодильнике смолистый осадок растворяют при перемешивании мешалкой в течение 30-40 минут биоэтанолом.

Процесс конденсации парогазовой смеси в конденсаторе-холодильнике, состоящем из двух одинаковых конденсаторов-холодильников, осуществляют попеременно, после наполнения одной емкости водой ее отключают от подачи парогазовой смеси для

растворения смолистого осадка, а вторую емкость включают для поступления в нее парогазовой смеси.

5 Перед подачей парогазовой смеси в конденсатор-холодильник ее целесообразно пропускать через фильтр для очистки от твердых включений. При этом подачу воды в конденсатор-холодильник осуществляют путем ее распыления форсункой, создающей пленку воды толщиной не более 2 мм на пути парогазовой смеси. Скорость вращения мешалки при растворении смолистого осадка биоэтанолом должна составлять 20-50 об/мин.

10 При снижении температуры парогазовой смеси, выходящей из реактора, ниже 450°C начнется конденсация высокомолекулярных смолистых веществ прямо в трубопроводе, что приведет к быстрому его засмолению и потребует очистки, из-за чего снизится выход пирогазоджидкости, а следовательно, и производительность установки. При повышении температуры парогазовой смеси выше 700°C произойдет передел пирогазоджидкости в пирогаз и процесс станет неуправляемым. Кроме того, с помощью 15 температуры возможно регулировать выход топливного газа и жидких углеводородов, для увеличения выхода пирогазоджидкости до 70% (масс.) температуру поддерживают на уровне 450-550°C, а при увеличении температуры до 700°C повышается выход пирогазов до 80%.

20 Охлаждение парогазовой смеси необходимо осуществлять в конденсаторе-холодильнике холодной водой, при этом при повышении температуры воды свыше 65°C произойдет испарение спирта из смеси биоэтанола-растворителя и пирогазоджидкости, что создаст невозможные условия дальнейшей операции растворения смолистых веществ. Чем ниже температура воды, подаваемой на охлаждение парогазовой смеси, тем выше качество будет у конечного продукта - жидкого углеводорода и топливного газа.

25 Распыление холодной воды форсункой обеспечивает максимальное увеличение поверхности охлаждения и конденсации у пирогаза за меньшее время, что ведет к более быстрой и полной конденсации пирогазоджидкости. При этом, чем быстрее происходит охлаждение и конденсация газов, тем меньше образуется смолистых веществ, тем выше получается качество топлива. Толщина пленки воды, образуемой форсункой, подобрана 30 экспериментальным путем и является оптимальной для охлаждения парогазовой смеси.

Выбор соотношения воды, подаваемой на охлаждение, и парогазовой смеси должно быть в пределах $2 \div 1 - 3 \div 1$. Если количество воды снизить, то увеличивается время конденсации и снизится качество топливных продуктов в связи с увеличением смолистых веществ, при увеличении воды качество тоже снизится, но из-за увеличения воды в 35 пирогазоджидкости, состоящей из легких углеводородов.

Выбор растворителя - биоэтанола, время растворения и скорость вращения мешалки подобраны также экспериментальным путем, при этом выход из указанных режимов 40 снизит выход топливных продуктов и их качество. При этом уменьшение времени растворения и скорости вращения мешалки приведет к отверждению высокомолекулярных смолистых соединений, а также приведет к их слипанию и образованию комков, а превышение времени и скорости вращения мешалки - нецелесообразно в связи с увеличением затрат энергии.

Способ переработки органического сырья в газообразное, жидкое и углистое топливо иллюстрируется следующими примерами.

45 **Пример 1**

В качестве исходного сырья брали птичий помет в смеси с древесиной в соотношении 3:1 в количестве до 24 кг. Смесь подавали в реактор быстрого пиролиза с помощью питателей и пиролизного газа в виде газозвеси из расчета 24 кг/час. В газозвеси

полностью отсутствовал свободный кислород. В реакторе в течение примерно 0,8-1,5 сек находящееся там сырье перерабатывалось при температуре 470-500°C в карбонизат и пирогаз в гидродинамическом режиме - закрученные потоки. В реакторе одновременно с реакцией протекала сепарация - твердые частицы отделялись от газообразного продукта. Степень разделения была примерно 0,8. Далее твердые частицы собирались в охлаждаемый бункер и выводились из процесса при температуре ниже 50°C, а газообразные продукты направлялись в блок очистки-конденсации.

Из реактора полученная пирогазовая смесь при температуре 500°C поступала в блок очистки-конденсации, включающий в себя фильтры, тягодутьевую машину, конденсатор-холодильник, состоящий из двух емкостей с мешалками и с одной общей стенкой, работающих попеременно. Объем каждой емкости при производительности установки 25 кг/час пирогазовой смеси составляет 80 л. Пирогазовая смесь поступала в одну из емкостей конденсатора-холодильника и встречалась с водяной пленкой толщиной 2 мм, образованной форсункой. В емкость также подавали регулируемый поток воды при температуре 12°C в количестве 40 л/час, что составляло соотношение вода : пирогазовая смесь как 2:1. Пирогазовая смесь при температуре 500°C, столкнувшись с водой, мгновенно охлаждалась, и та ее часть, которая может конденсироваться, конденсируется. Вода при этом в основном испарялась, а частично вместе с конденсатом попадала в цилиндрическую часть емкости. Неконденсируемые газы и пары воды выводили через отводной штуцер из емкости конденсатора-холодильника. Пирогазидкость со смолистыми веществами поступала вниз емкости и вовлекалась во вращательное движение валами, движущимися со скоростью 30 об/мин. При этом процесс охлаждения смолистых веществ и пирогазидкости продолжался до снижения температуры до 65°C. После этого подача пирогазовой смеси в первую емкость прекращалась, и пирогазовая смесь начинала поступать во вторую емкость. Из первой емкости сливали пирогазидкость с водой, которые направлялись на центрифугу для отделения воды от пирогазидкости. В емкость заливали биоэтанол и при перемешивании мешалкой со скоростью 30 об/мин в течение 30 мин растворяли смолистые вещества, затем раствор сливали в емкость. Выходящие из конденсата газы направляли в водяной холодильник-конденсатор, в котором воду отделяли от газов. Воду направляли на технологические нужды, а газы - на линию быстрого пиролиза.

В результате переработки по указанной методике было получено 12 кг пирогазидкости с теплотой сгорания 28-32 МДж/кг, кинематической вязкостью $0,05 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{сек}$, 9 кг пирогазов с теплотой сгорания 30 МДж/нм³ и примерно 3 кг углистого вещества с содержанием углерода до 92%.

Пример 2

Способ осуществлялся аналогично примеру 1, с тем же сырьем и теми же режимами, кроме температуры, которую поддерживали на уровне 700°C на пути от реактора до конденсатора-холодильника. В этом случае было получено 14 кг пирогаза такого же, как и ранее качества, 5 кг пирогазидкости низкого качества и 6 кг углистого вещества.

Пример 3

Способ реализовывали аналогично примеру 1, однако в качестве сырья использовали льняную костру. Состав костры: целлюлоза (45-50%), лигнин - до 29%, пентозаны - до 26%. Эксперименты проводили при температуре 550°C, при начальной влажности 7%. Соотношение вода : пирогазовая смесь как 3:1 и соответствовала 72 л/час. Воду подавали при температуре 30°C. Скорость вращения мешалки при растворении смолистого вещества 20 об/мин в течение 40 мин.

Выход продуктов следующий: пирогазидкость высокого качества - 30% (теплота

сгорания 34 МДж/кг, кинематическая вязкость - $0,035 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$), пирогаз - 24%, твердое углистое вещество - 46%.

Пример 4

Способ реализовывали аналогично примеру 1, однако в качестве сырья использовали илистые остатки сточных вод из очистных сооружений г. Набережные Челны. Исходная влажность 65,4%, зольность - 69,6%. Температуру поддерживали на уровне 450°C, соотношение вода : пирогазовая смесь как 2:1 и соответствовала 40 л/час, скорость вращения мешалки 50 об/мин в течение 30 мин.

Выход продуктов следующий: пирожижка высокого качества - 18,2%, пирогаз - 15,3%, карбонизат - 66,5%.

В настоящее время способ находится в процессе промышленной реализации. Проводится наладка установки ПУОС-П производительностью 100 кг/час. Сырье - птичий помет с 24% стружки буковой древесины.

Формула изобретения

1. Способ переработки органического сырья в топливо, включающий термохимическую переработку сырья в реакторе быстрого пиролиза с последующей конденсацией прогазовой смеси в конденсаторе-холодильнике, выделением из нее фракций жидких углеводородов и топливного газа с дальнейшей их очисткой, отличающийся тем, что температуру прогазовой смеси на пути ее перемещения из реактора до входа в конденсатор-холодильник поддерживают на уровне 450-700°C, при этом пирогазовую смесь сначала конденсируют холодной водой с температурой 0-65°C при соотношении вода : пирогазовая смесь = 2÷1 - 3÷1, удаляют из конденсатора-холодильника образовавшийся топливный газ, который вторично охлаждают, выделяя из него воду путем конденсации водяного пара, и направляют на быстрый пиролиз, после наполнения емкости конденсатора-холодильника водой и снижения температуры до 65°C из нее сливают воду с жидким топливом из легких углеводородов, а оставшийся в конденсаторе-холодильнике смолистый осадок растворяют при перемешивании мешалкой в течение 30-40 минут биоэтанолом.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что процесс конденсации прогазовой смеси в конденсаторе-холодильнике, состоящем из двух одинаковых конденсаторов-холодильников, осуществляют попеременно, после наполнения одной емкости водой ее отключают от подачи пирогазовой смеси для растворения смолистого осадка, а вторую емкость включают для поступления в нее прогазовой смеси.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что перед подачей пирогазовой смеси в конденсатор-холодильник ее пропускают через фильтр, очищая от твердых включений.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что подачу воды в конденсатор-холодильник осуществляют путем ее распыления форсункой, создающей пленку воды толщиной не более 2 мм на пути пирогазовой смеси.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что скорость вращения мешалки при растворении смолистого осадка биоэтанолом составляет 20-50 об/мин.