

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035941**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.09.03**

(51) Int. Cl. *F23G 5/027* (2006.01)  
*F23B 10/00* (2011.01)

(21) Номер заявки  
**201700477**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.09.19**

---

(54) **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ ОРГАНИЧЕСКОГО И НЕОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

---

(43) **2019.03.29**

(56) EA-A1-201500009  
RU-C1-2353856  
RU-U1-153890  
US-B2-6619214

(96) **2017/EA/0073 (BY) 2017.09.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ВОРОТНИКОВ НИКОЛАЙ  
НИКОЛАЕВИЧ (BY)**

(72) Изобретатель:  
**Воротников Николай Николаевич  
(BY), Бурнос Николай Алексеевич  
(RU), Коношник Олег Николаевич  
(BY)**

---

(57) Изобретение относится к физико-химическим процессам переработки избирательных видов сырья путем рециклинга. Технический результат проявляется в объединении газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки и агрегатного реактора пиролизатора в единый технологический комплекс рециклинга отходов органического и неорганического производств, который включает газогенераторную отопительную резонансно-ускорительную установку 1, футерованный корпус которой с топливной камерой оснащен струйным резонирующим аппаратом 16, жаровой трубой 2 с камерой первоначального дожига, и теплообменный аппарат 5 для отопления потребителя, газодинамически связанный с топливной камерой, при этом между газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установкой 1 и теплообменным аппаратом 5 дополнительно встроен агрегатный реактор пиролизатора 3 для переработки, например, автопокрышек, вход которого газодинамически связан с жаровой трубой 2, а один из выходов агрегатного реактора пиролизатора 3 газодинамически через жаровую трубу 4 с камерой вторичного дожига избытка высокотемпературных газов связан с теплообменным аппаратом 5, а другой выход агрегатного реактора пиролизатора газодинамически через холодильную установку 6 соответственно тремя потоками через выход А связан с накопителем 7 смеси пиролизных газов, через выход В связан с накопителем 8 горючих углеводородов, через выход С связан с установкой 9 для сжигания вторичных углеводородов, которая газоходом D связана с накопителем 8 горючих углеводородов, при этом один из выходов Е установки 9 соответственно связан с камерой 14 кислотного воздействия горячими газами на зольный остаток, а выход F установки 9 связан с паровым теплообменным аппаратом 10 выработки и подачи пара в паровую турбину 11, соединенную с парогенератором 12 для подачи электроэнергии через стабилизатор напряжения 13 потребителю.

---

**B1**

**035941**

**035941**

**B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Изобретение относится к физико-химическим процессам переработки избирательных видов сырья путем рециклинга - процесса возвращения отходов, сбросов и выбросов в процессы техногенеза [ГОСТ 30772 2001] преимущественно на основе способов и устройств для рециклинга сжиганием отходов органического и неорганического производств для получения горючих газов и может быть использовано в отопительно-энергетическом оборудовании и получении электроэнергии для промышленных объектов, административных и жилых зданий.

### **Предпосылки создания изобретения**

Рост потребления, особенно в агрокомплексах и крупных городах, приводит к увеличению объемов образования в агрокомплексах отходов органического происхождения, а в городах отходов неорганического происхождения и твердых бытовых отходов -ТБО, которые негативно воздействуют на окружающую среду, грунтовые и поверхностные воды, атмосферный воздух и почву, создавая угрозу здоровью и жизни населения. [1]

Среди способов и оборудования для термической переработки отходов неорганического происхождения, например автомобильных шин, широко применяется их пиролиз в агрегатных реакторах пиролизатора с последующей газификацией путем высокотемпературной термической модификации - сжигание как рециклинг. [1, с.18]

Известны устройство и способ рециклинга путем пиролиза изношенных шин, включающий измельчение шин, их подачу шнеком через загрузочный бункер, предварительный нагрев измельченных шин с применением горелочных устройств, их пиролиз в агрегатном реакторе пиролизатора в среде восстановительного газа, разделение продуктов пиролиза на жидкую фракцию конденсацией и твердую фракцию, удаление из твердой фракции неорганических включений, выброс дымовых газов в атмосферу, характеризуемый тем, что перед пиролизом измельченные шины нагревают обработкой пиролизным газом, пиролиз осуществляют в горизонтальном вращающемся агрегатном реакторе пиролизатора с внутренними направляющими ребрами при температуре 380-500°C; дымовые газы перед выбросом в атмосферу очищают от органических соединений дожигом в кислородной среде печи дожига, а от кислот и ангидридов кислот - обработкой водой; углеродную часть твердой фракции отделяют от металла и минеральных включений водной флотацией, устройство содержит теплообменник, скруббер для удаления из дымовых газов летучих кислот и ангидридов кислот, сборник воды, средство отвода дымовых газов в атмосферу. Проявляется более эффективное взаимодействие восстановительного пиролизного газа с резиной, и эффективность деструкции загруженной массы значительно возрастает. Происходит полная переработка резинового сырья, а также снижение затрат времени и мощности на проведение процесса пиролиза. [2]

Известное техническое решение может использоваться для переработки изношенных шин и других резинотехнических и полимеросодержащих изделий в жидкое топливо и твердый углеродный продукт - пирокарбон.

Пиролиз заключается в необратимом химическом изменении, например, структуры автопокрышек под действием повышенной температуры (650-900°C) без доступа или с ограниченным доступом кислорода с выделением горючего пиролизного газа - пирогаза. Пиролизом можно перерабатывать такие составляющие отходов как автопокрышки, пластмассы, отработанные масла, осадки сточных вод и т.п.

На большей части современных заводов для сжигания твердых бытовых отходов (ТБО) используется общеизвестный способ рециклинга путем сжигания отходов неорганического и органического происхождения в слоевых топках газогенераторов на колосниковых решетках в современных модификациях, поскольку он не требует предварительной подготовки отходов и отличается высокой надежностью. В общеизвестной технологии рециклинга при термической переработке происходят такие процессы, как сушка, газификация и сжигание в реакторе мусоросжигательной печи или в газогенераторе.

Термическое обезвреживание отходов на современном уровне развития науки и техники гарантирует практически полное разрушение находящихся в отходах органических вредных веществ. Это достигается с помощью высоких температур более 1000°C. Это относится также к диоксидам и фуранам, которые разрушаются более чем на 90%. [3]

Недостатками известных устройств и способов рециклинга путем термической переработки и пиролиза отходов органического и неорганического происхождения являются большой объем отходящих газов и образование значительных количеств шлаков, около 25 мас.% или менее 10 об.%.

Технология прямого сжигания как рециклинга твердых бытовых отходов при температуре 850-1300°C на колосниковой решетке не требует дорогостоящей предварительной подготовки отходов, можно подавать на сжигание топливо линейным размером до 1 м, отличается высокой надежностью, обеспечивает выполнение экологических требований как по твердым, так и газообразным продуктам сгорания и позволяет резко снизить потребность в полигонах для складирования остатков переработанных ТБО. [1, с.18]

Механический перенос процесса прямого сжигания для широкомасштабной термической переработки ТБО не может быть осуществлен из-за того, что КПД газогенераторов из-за высокой температуры отводимых газов (1400-1600°C) очень низок; из-за того, что в переработку поступает преимущественно органическое сырье, т.к. ТБО на 70-80% состоят из органических компонентов. При нагревании мине-

ральные вещества переходят в жидкую фазу, а органические - в газообразную. [3]

Наиболее близким к заявляемому объекту рециклинга неподготовленных отходов органических и неорганических производств по технической сущности является выбранная в качестве прототипа конструкция газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки, включающей футерованный корпус с топливной камерой, оснащенной зольником; клапаном подачи первичного воздуха; жаровой трубой с клапаном подачи вторичного воздуха; струйный резонирующий аппарат с газоходной камерой; систему для подачи топлива, теплообменник для отопления потребителя, газодинамически связанный жаровой трубой с топливной камерой. Газогенераторная отопительная резонансно-ускорительная установка реализует способ рециклинга отходов органического и неорганического производств, включающий приготовление компонентов топливной смеси и их сжигание в виде жидкотвердого топлива в топливной камере газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки, в которой путем высокотемпературного резонанса осуществляют термическое разложение топлива на смесь высокотемпературных газов (800-1500°C) с их последующим дожигом в жаровой трубе, которые подают газодинамически в теплообменник для отопления потребителя. Дымовые газы используют для рекуперации колосниковых решеток через зольниковые камеры. [4]

Основными недостатками известного уровня техники рециклинга путем пиролиза и термической переработки отходов органического и неорганического происхождения являются повышенные энергозатраты путем применения специальных средств поджига с энергоносителями электрического или газомазутного происхождения для инициирования, например, пиролиза отходов; большой объем отходящих газов (5000-6000 м<sup>3</sup> на 1 т отходов) и образование значительных количеств шлаков (около 25 мас.% или менее 10 об.%).

#### **Краткое изложение сущности изобретения**

Техническая задача, на решение которой направлено изобретение, заключается в создании объекта, характеристики которого удовлетворяют заданным требованиям к технологическому комплексу как способу рециклинга путем использования возобновляемых источников энергии. Новая технология является экономичной и может рассматриваться как создающая источник альтернативной энергетики.

Техническая задача реализуется техническим результатом, определяющим новое свойство, улучшающее технические характеристики, проявляющиеся при использовании изобретения в виде разработки и создания технологического комплекса рециклинга отходов органического и неорганического производств, позволяющего расширить технологические возможности рециклинга для выработки новых источников энергии, что обеспечит энергетическую независимость предприятий от дорогостоящих энергоносителей, а при массовом использовании - энергетическую безопасность государства в целом путем материализации технологического комплекса большой агрегатной производительности по перерабатываемым отходам.

Сущность изобретения выражается новой совокупностью признаков, необходимых и достаточных для осуществления изобретения с достижением указанного технического результата, и реализована тем, что объединяя единой технологией газогенераторные отопительные резонансно-ускорительные установки и агрегатные реакторы пиролизаторов реализует в технологическом комплексе рециклинга отходов органического и неорганического производств, включающем газогенераторную отопительную резонансно-ускорительную установку, футерованный корпус которой с топливной камерой оснащен струйным резонирующим аппаратом с газоходной камерой, жаровой трубой дожига топливных высокотемпературных газов, системами для подачи топлива и воды, и теплообменный аппарат для отопления потребителя, газодинамически связанный через жаровую трубу с топливной камерой, согласно изобретению в технологическом комплексе между газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установкой и теплообменным аппаратом дополнительно встроен агрегатный реактор пиролизатора для переработки отходов неорганического производства, преимущественно автопокрышек, путем их термического бескислородного разложения с получением смеси горючих газов и тяжелых углеводородных соединений, вход которого газодинамически связан с жаровой трубой дожига топливных высокотемпературных газов, один из выходов агрегатного реактора пиролизатора газодинамически через вторичную камеру дожига избытка высокотемпературных газов связан с теплообменным аппаратом для отопления потребителя, а другой выход газодинамически через холодильную установку углеводородных соединений соответственно тремя потоками через выход А связан с накопителем смеси газов, в том числе кислотных соединений, через выход В - с накопителем горючих углеводородов, через выход С связан с установкой для сжигания вторичных углеводородов в качестве печного топлива, подаваемых газоходом Д из накопителя горючих углеводородов; один из выходов Е установки для сжигания вторичных углеводородов соответственно связан с камерой кислотного воздействия горячими газами на зольный остаток, а другой выход F установки для сжигания вторичных углеводородов связан с паровым теплообменным аппаратом выработки и подачи пара в паровую турбину, соединенную с парогенератором для подачи электроэнергии через стабилизатор напряжения потребителю.

В технологическом комплексе входной участок жаровой трубы в агрегатный реактор пиролизатора может быть оснащен конфузуром в форме четвертьволнового резонатора, иницирующего корреляцию между частотами колебаний поверхности горения пламени в четвертьволновом резонаторе и соответ-

вующими им частотами пульсаций горения пламени в струйном резонирующем аппарате.

Установлено, что заявленное техническое решение не следует явным образом из известного уровня техники. Следовательно, заявленное изобретение соответствует критерию "изобретательский уровень".

#### **Подробное описание предпочтительного примера осуществления изобретения**

Для лучшего понимания изобретение поясняется чертежами, где

на фиг. 1 представлен общий вид технологического комплекса рециклинга отходов органического и неорганического производств;

на фиг. 2 представлен фрагмент технологического комплекса рециклинга отходов органического и неорганического производств, в котором показан конструктив жаровой трубы в виде четвертьволнового резонатора между выходом жаровой трубы из газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки и входом в агрегатный реактор пиролизатора.

Перечень позиций на фиг. 1 и 2 и общепринятых условных обозначений узлов и агрегатов лучшего примера технологического комплекса рециклинга отходов органического и неорганического производств.

1 - газогенераторная отопительная резонансно-ускорительная установка, в дальнейшем РЕЗУСТ (резонансное ускорение сжигания топлива, свидетельство TZ № 58111-РЕЗУСТ), может быть образована по меньшей мере парой резонансно-ускорительных установок 1а, 1б, например, мощностью 250 кВт;

2 - жаровая труба с камерой первоначального дожига топливных высокотемпературных газов, может быть образована по меньшей мере парой жаровых труб 2а и 2б;

3- агрегатный реактор пиролизатора;

4 - жаровая труба с вторичной камерой дожига вторичного избытка высокотемпературных газов;

5 - теплообменный аппарат;

6 - холодильная установка, можно применить систему Пульте;

7 - накопитель смеси газов в т.ч. (кислотные соединения);

8 - накопитель горючих углеводородов;

9 - установка для сжигания вторичных углеводородов - печное топливо;

10 - шаровой теплообменный аппарат;

11 - паровая турбина;

12 - двигатель (генератор тока) (асинхронный либо последовательный);

13 - стабилизатор напряжения;

14 - выработка тяжелых металлов из золы с применением кислот и газовых составляющих 7;

15 - конфузор-четвертьволновой резонатор;

16 - струйный резонирующий аппарат.

Технологический комплекс рециклинга отходов органического и неорганического производств включает газогенераторную отопительную резонансно-ускорительную установку 1, футерованный корпус которой с топливной камерой оснащен струйным резонирующим аппаратом с газовой камерой, зольником, клапаном подачи первичного воздуха, условно не показаны, жаровой трубой 2 с камерой первоначального дожига топливных высокотемпературных газов с клапаном подачи вторичного воздуха, системами для подачи топлива и воды, условно не показаны, и теплообменный аппарат 5 для отопления потребителя, газодинамически связанный с топливной камерой, характеризуемый тем, что в технологическом комплексе между газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установкой 1 и теплообменным аппаратом 5 дополнительно встроен агрегатный реактор пиролизатора 3 для переработки отходов неорганического производства, преимущественно, например, автопокрышек путем их термического бескислородного разложения с получением смеси горючих газов и тяжелых углеводородных соединений, вход которого газодинамически связан с жаровой трубой 2 с камерой первоначального дожига топливных высокотемпературных газов, один из выходов агрегатного реактора пиролизатора 3 газодинамически через жаровую трубу 4 с вторичной камерой вторичного дожига избытка высокотемпературных газов связан с теплообменным аппаратом 5 для отопления потребителя, а другой выход агрегатного реактора пиролизатора газодинамически через холодильную установку 6 углеводородных соединений соответственно тремя потоками через выход А связан с накопителем 7 смеси газов в т.ч. (кислотные соединения), через выход В связан с накопителем 8 горючих углеводородов, через выход С - с установкой 9 для сжигания вторичных углеводородов в качестве печного или ракетного топлива газом D из накопителя 8 горючих углеводородов, один из выходов Е установки 9 соответственно связан с камерой 14 кислотного воздействия горячими газами на зольный остаток, а другой выход F установки 9 связан с паровым теплообменным аппаратом 10 выработки и подачи пара в паровую турбину 11, соединенную с парогенератором 12 для подачи электроэнергии через стабилизатор напряжения 13 потребителю.

Для увеличения производительности и компактности технологический комплекс может быть оснащен по меньшей мере парой параллельных газогенераторных отопительных резонансно-ускорительных установок 1 - РЕЗУСТОВ.

Краткое описание работы технологического комплекса рециклинга отходов органического и неорганического производств.

В связи с тем, что РЕЗУСТЫ 1 производят тепловую энергию на низкокалорийных отходах различ-

ных предприятий (аспирационная пыль, лигнин, куриный помет, опилки и т.д.) с влажностью 70% это позволяет в полной мере обеспечить стабильность производства комплексом дополнительных источников энергии путем утилизации различных типов отходов.

Технологический комплекс рециклинга 1 отходов органического и неорганического производств реализует способ рециклинга отходов органического и неорганического производств, включающий приготовление компонентов топливной смеси и ее сжигание в виде жидкотвердого топлива в топливной камере газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки, путем высокотемпературного резонанса осуществляют термическое разложение отходов на смесь высокотемпературных газов (800-2200°C) с их последующим дожигом в жаровой трубе 2 с камерой первоначального дожига топливных высокотемпературных газов, которые подают газодинамически в теплообменник 5 для отопления потребителя. При этом после дожига в жаровой трубе 2 с камерой первоначального дожига топливных высокотемпературных газов смесь высокотемпературных горючих пламенных газов в качестве топлива подают в агрегатный реактор пиролизатора 3 отходов неорганического производств, например, для переработки автопокрышек с находящимися в ней неорганическими отходами (или медицинскими, или бытовыми, или сельскохозяйственными, или военно-промышленными, или пластиками и др.), в которой отходы подвергают термическому бескислородному разложению, образуя смесь горючих газов и тяжелых углеводородных соединений, избыток которых в виде высокотемпературных газов направляет через жаровую трубу 4 с камерой вторичного дожига газов в теплообменный аппарат 5, а полученные пиролизом углеводородные соединения в агрегатном реакторе пиролизатора 3 через холодильную установку 6 направляют тремя потоками соответственно в накопитель 7 смеси газов, в т.ч. кислотные соединения, в накопитель 8 горючих углеводородов, при этом тяжелые углеводородные соединения направляют в качестве печного топлива в установку 9 для сжигания вторичных углеводородов, горячие газы из которой подают соответственно в камеру 14 кислотного воздействия на зольный остаток и в паровой теплообменный аппарат 10, используя для выработки пара в теплообменнике 10, с последующим направлением в паровую турбину 11, запуская парогенератор 12, вырабатывают электроэнергию через стабилизатор напряжения 13, при этом зольный остаток, образованный в топливной камере 1а, 1б РЕЗУСТА 1 и в пиролизной камере агрегатного реактора пиролизатора 3, подвергают кислотному воздействию в камере 14 кислотного воздействия, разлагая его на разные виды металлов.

Применяемые отходы.

В топливные камеры 1а, 1б РЕЗУСТА 1 могут загружать различные отходы комбикормовых, рапсовых заводов, в том числе отходы зерноприемных портовых элеваторов. Данные отходы в РЕЗУСТе 1 за счет высокотемпературного резонанса разлагают на смесь высокотемпературных газов (900-2200°C) и дожигают в жаровой трубе 2 с камерой первоначального дожига топливных высокотемпературных газов, образуя значительную суммарную энергию, которая проходя через агрегатный реактор пиролизатора 3 может подвергаться термическому разложению и иные отходы в ней находящиеся (медицинские, бытовые, сельскохозяйственные, военно-промышленные и др.), в том числе пластик и автопокрышки.

Избыток образованной энергии направляется через жаровую трубу 4 с вторичной камерой вторичного дожига топливных высокотемпературных газов в теплообменный аппарат 5, обеспечивая горячим водоснабжением потребителя.

В агрегатном реакторе пиролизатора 3 за счет термического бескислородного разложения образуется смесь горючих газов и тяжелых углеводородных соединений, которые в дальнейшем служат в качестве печного топлива в установке 9.

Вся зола, образованная в РЕЗУСТАх 1а, 1б и в агрегатном реакторе пиролизатора 3, подвергается кислотному воздействию в камере 14, разлагая ее на разные виды металлов.

Аэродинамический тракт резонансной системы технологического комплекса рециклинга отходов органического и неорганического производств может работать по следующей схеме. По фиг. 2 в технологическом комплексе выходной участок жаровой трубы 2 оснащен конфузуром 15 в форме четвертьволнового резонатора, инициирующего корреляцию между частотами колебаний поверхности горения пламени в струйном резонирующем аппарате 16 РЕЗУСТА 1 и соответствующим им пульсациям пламени в конфузуре 15 в форме четвертьволнового резонатора. Горючий газ из топливной камеры РЕЗУСТА 1 через струйный резонирующий аппарат 16 подают в жаровую трубу 2, выход которой оснащен конфузуром 15 (по отношению к входу в агрегатный реактор пиролизатора 3), выполненным в виде четвертьволнового резонатора на входе в термопиролизную камеру агрегатного реактора пиролизатора 3, имеющего сужение по отношению к выходному участку жаровой трубы 2. Продольное сечение топливной камеры РЕЗУСТА 1, струйного резонирующего аппарата 16, жаровой трубы 2, оснащенной конфузуром 15 и входной камерой агрегатного реактора пиролизатора 3, при сопряжении между собой образуют газопровод по типу сопла Лавалья. При таком конструктиве упомянутого газопровода при некоторых условиях горения происходит самовозбуждение колебаний высокотемпературного горючего газа в жаровой трубе 2, оснащенной конфузуром 15 по типу сопла Лавалья, с резонансной частотой, близкой к наименьшей собственной частоте колебаний высокотемпературного горючего пламенного газа в струйном резонирующем аппарате 16, открытым на концах. Наиболее интенсивные резонансные колебания имеют место, когда горючий пламенный высокотемпературный газ течет в средней части: жаровая труба 2 - конфузур 15 чет-

вертьволнового резонатора. Существенное значение имеет длина жаровой трубы 2. При ее непрерывном изменении в зависимости от вида топлива интервалы, при которых происходит самовозбуждение колебаний горючего пламенного газа, чередующиеся с интервалами, когда колебания могут отсутствовать. Исследования показали, что явление резонанса зависит также от условий на входе в жаровую трубу 2, когда подачу горючего пламенного газа из топливной камеры РЕЗУСТА 1 через струйный резонирующий аппарат 16 осуществляют в жаровую трубу 2, имеющую большее гидравлическое сопротивление по сравнению с конфузурой 15, выполненным в виде четвертьволнового резонатора. Явление резонанса наблюдается в том случае, когда по жаровой трубе 2 подается предварительно подготовленная смесь высокотемпературного горючего пламенного газа с воздухом через соответствующий клапанный смеситель [5].

Высокотемпературная струя смеси горючего пламенного высокотемпературного газа, разогнанная соплом Лаваля, с резким увеличением давления на выходе из четвертьволнового конфузора 15 врывается в исходные материалы, например автопокрышки, в зоне пиролиза, где в агрегатном реакторе 3 пиролизатора за счет разницы давлений исходный материал вскипает и образует псевдокипящий слой с продуктами переработки. Тепловая энергия переходит в кинетическую, что приводит к разрыву молекул полимера с образованием конденсата и ускорению процесса деполимеризации, происходит "термодинамический" крекинг. Крекинг инициирован не только при наличии высокой температуры, но и кинетической энергии струи потока горючего пламенного высокотемпературного газа, что еще более ускоряет процесс пиролиза. При этом продукты крекинга в виде конденсата направляются на холодильную установку 6 для разгона тремя потоками по фракциям, а очищенный с помощью фильтра воздух выбрасывается в атмосферу.

В процессе рециклинга между движущимися относительно друг друга слоями высокотемпературного горючего пламенного высокотемпературного газа по закону Бернулли происходит постоянный обмен молекулами, обусловленный их непрерывным хаотическим тепловым движением.

Переход молекул из одного слоя в соседний, движущийся с иной скоростью, приводит к переносу от слоя к слою определенного количества движения. В результате медленные слои ускоряются, а более быстрые замедляются. [6]

Применение данного комплекса по настоящему изобретению позволяет за счет утилизации различных категорий отходов расширить технологические возможности рециклинга для выработки новых источников энергии, что обеспечит энергетическую независимость предприятий от дорогостоящих энергоносителей, а при массовом использовании энергетическую безопасность государства в целом.

Горение твердого топлива в газогенераторной установке в отличие от любой топки осуществляется в большом слое и характеризуется поступлением количества воздуха, недостаточного для полного сжигания топлива, например, при работе на паровоздушном дутье в газогенератор подается 33-35% воздуха от теоретически необходимого. Образующиеся в газогенераторной установке газы содержат продукты полного горения топлива: углекислый газ, воду, продукты их восстановления и продукты неполного горения и продукт пирогенетического разложения топлива - угарный газ, водород, метан, углерод. В генераторные газы переходит также азот воздуха. Процесс, происходящий в газогенераторной установке, характеризует газификацию топлива.

Газогенераторная отопительная резонансно-ускорительная установка работает на примере опытно-промышленной установки типа "РЕЗУСТ" свидетельство на товарный знак ВУ58111-РЕЗУСТ. Для нормальной работы газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки РЕЗУСТ 1 устанавливается требуемое разряжение в топливной камере. Для увеличения теплоты сгорания газа в газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установке система подачи топлива снабжена синхронизированной системой подачи воды на топливную массу в зону загрузки топлива топливной камеры, условно на чертеже по фиг. 1 и 2 не показано, над рабочей поверхностью струйного резонирующего аппарата 16. При работе газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки на воздухе с умеренной добавкой к нему водяных паров получается смешанный газ, теплота сгорания которого (в зависимости от исходного топлива) колеблется от 5 до 6,7 Мдж/м<sup>3</sup> (1200-1600 ккал/м<sup>3</sup>). При подаче в раскаленный слой топлива газогенератора водяного пара получают водяной газ с теплотой сгорания от 10 до 13,4 Мдж/м<sup>3</sup> (2400-3200 ккал/м<sup>3</sup>). Из каждой тонны отходов можно выработать около 300-400 кВт-ч электроэнергии.

Промышленное применение изобретения проявляется в совмещении в единую технологию производственных процессов газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установки и агрегатного реактора пиролизатора в технологическом комплексе рециклинга отходов органического и неорганического производств, при этом получаемый продукт в газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установке является энергетическим инициатором работы агрегатного реактора пиролизатора. Промышленное использование технологического комплекса рециклинга по настоящему изобретению приводит к снижению энергоемкости, себестоимости и универсализации технологии рециклинга, переводя ее в класс возобновляемых источников электроэнергии.

Промышленное использование объекта промышленной собственности запланировано на территории Беларуси и стран СНГ.

Источники информации.

1. Евростат. Данные о материальном рециклинге ТБО за 15 лет European Statistical System [Электронный ресурс] URL: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction> [с.16, 18]
2. Патент РФ 2391359, публ. 10.05.2010, В21В 17/00.
3. Способ использования возобновляемых источников энергии сжигание отходов [ecology.info/term/10920/](http://ecology.info/term/10920/) из Интернета 05092017.
4. Газогенераторная отопительная резонансно-ускорительная установка, заявка № 201500009, Бюллетень от 04/2016, Евразийская патентная организация - ЕАПО [eipo.org](http://eipo.org) Официальные публикации, ВУ № 10047.
5. Ларионов В.М., Зарипов Р.Г. Автоколебания газа в установках с горением. Казань: Изд-во Казан, гос. техн. ун-та, 2003. 227 с. ISBN 5-7579-0659-6.
6. Никольский Б.П. (ред.)/Справочник химика (в 7 томах) Рубрика: Химия 21 Ноябрь 2012 Резонансное горение Название: Справочник химика (в 7 томах) Автор: Никольский Б.П.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Технологический комплекс рециклинга отходов органического и неорганического производств, включающий газогенераторную отопительную резонансно-ускорительную установку, футерованный корпус которой с топливной камерой оснащен струйным резонирующим аппаратом с газоходной камерой, жаровой трубой дожига топливных высокотемпературных газов, системами для подачи топлива и воды, и теплообменный аппарат для отопления потребителя, газодинамически связанный через жаровую трубу с топливной камерой, отличающийся тем, что в технологическом комплексе между газогенераторной отопительной резонансно-ускорительной установкой и теплообменным аппаратом дополнительностроен агрегатный реактор пиролизатора для переработки и термодинамического крекинга отходов неорганического производства, преимущественно автопокрышек, путем их термического бескислородного разложения с получением смеси горючих газов и тяжелых углеводородных соединений, вход которого газодинамически связан с жаровой трубой дожига топливных высокотемпературных газов, один из выходов агрегатного реактора пиролизатора газодинамически через вторичную камеру дожига избытка высокотемпературных газов связан с теплообменным аппаратом для отопления потребителя, а другой выход, предназначенный для отвода продуктов термодинамического крекинга в виде конденсата, газодинамически соединен с холодильной установкой, предназначенной для разгона упомянутых продуктов термодинамического крекинга на три потока по фракциям,

указанная холодильная установка содержит

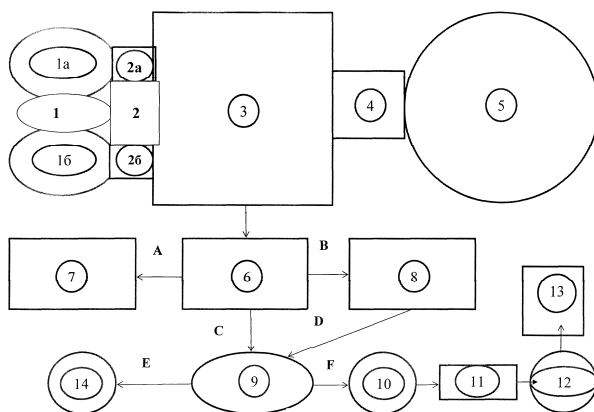
выход (А), предназначенный для отвода полученной смеси газов, в том числе кислотных соединений, газодинамически связанный с накопителем смеси газов, в том числе кислотных соединений,

выход (В), предназначенный для отвода полученных горючих углеводородов, газодинамически связанный с накопителем горючих углеводородов, и

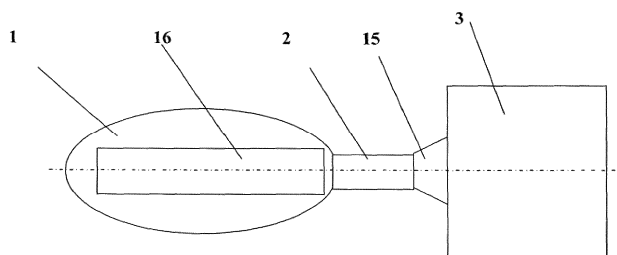
выход (С), газодинамически связанный с установкой для сжигания полученных тяжелых углеводородов, дополнительно подаваемых газоходом (Д) из упомянутого накопителя горючих углеводородов,

а один из выходов (Е) упомянутой установки для сжигания вторичных углеводородов предназначен для отвода образующихся горячих газов и соответственно связан с камерой кислотного воздействия упомянутыми газами на зольный остаток, а другой выход (F) упомянутой установки для сжигания вторичных углеводородов связан с паровым теплообменным аппаратом выработки и подачи пара в паровую турбину, соединенную с парогенератором для подачи электроэнергии через стабилизатор напряжения потребителю.

2. Технологический комплекс по п.1, отличающийся тем, что входной участок жаровой трубы в агрегатный реактор пиролизатора может быть оснащен конфузуром в форме четвертьволнового резонатора, инициирующего корреляцию между частотами колебаний поверхности горения пламени в четвертьволновом резонаторе и соответствующими им частотами пульсаций горения пламени в струйном резонирующем аппарате.



Фиг. 1



Фиг. 2

