

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043232**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.28

(51) Int. Cl. **C08J 11/20 (2006.01)**
C10L 9/08 (2006.01)

(21) Номер заявки
202200075

(22) Дата подачи заявки
2022.07.04

(54) **УСТАНОВКА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕРМОЛИЗА ТВЕРДЫХ
КОММУНАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

(43) **2023.03.31**

(96) **2022000063 (RU) 2022.07.04**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "БЕЛГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г.
ШУХОВА"; ОБЩЕСТВО
С ОГРАНИЧЕННОЙ**

**ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ТК
"ЭКОТРАНС" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Глаголев Сергей Николаевич,
Севостьянов Владимир Семенович,
Шеин Николай Тихонович,
Оболонский Виктор Васильевич,
Севостьянов Максим Владимирович,
Шамгулов Роман Юрьевич,
Перельгин Дмитрий Николаевич
(RU)**

(56) **US-A-4123332
WO-A1-2014167141
RU-C1-2659924**

(57) Изобретение направлено на повышение эффективности термолизной переработки ТКО с различными физико-механическими характеристиками, повышение качества получаемой продукции и эксплуатационной надежности трубчатого реактора и его устройств. Новым в установке является наклонный или вертикальный загрузочный питатель-затвор-дезагломератор, выполненный в виде последовательно установленных по ходу движения материала технологических блоков. Трубчатый реактор составлен из двух параллельно установленных в вертикальной плоскости цилиндрических корпусов с консольно установленными внутри спиралевидными транспортирующими органами и индивидуальными приводами. Цилиндрические корпуса соединены герметизирующей шахтой, в верхней части которой на наружной поверхности спиралевидного транспортирующего органа верхнего цилиндрического корпуса закреплена классифицирующая сетка отбора крупных включений термообработанной продукции, образующая сетчатый цилиндр классификации материала, сопряженный по горизонтальной оси с вертикально установленной колонной, внутри которой размещены герметизирующие пересыпные полки. В выгрузочной части нижнего цилиндрического корпуса расположен питатель-затвор с закрепленными на эксцентрично установленном валу дугообразными лопастями, соприкасающимися с герметизирующими пластинами. Эффективность предлагаемой установки подтверждается совокупностью перечисленных технических решений, а также указанными дополнительными признаками к ним.

043232
B1

043232
B1

Техническое решение относится к установке для переработки твердых коммунальных и промышленных отходов с использованием низкотемпературного пиролиза, до 500°C, без предварительного разделения отходов на органическую и неорганическую фракции и может быть использовано для термической переработки преимущественно измельченных органических отходов различных отраслей: ЖКХ, химической, строительной, сельскохозяйственной, пищевой, топливной и др.

Известна установка для утилизации отходов, содержащая пиролизный реактор с шлюзовыми загрузочными и разгрузочными устройствами и горелкой, а также перемешивающим устройством непрерывного действия. При этом полость пиролизной камеры соединена с помощью газохода парогазовой смеси с устройством ее очистки, охлаждения и конденсации, а в зоне нагрева пиролизного реактора установлен коллектор, соединенный с горелкой и обеспечивающий оптимизацию движения конвективных потоков парогазовой смеси (патент RU на изобретение № 2667398, МПК F23G 5/027, опубл. 19.09.2018, бюл. № 26).

Недостатками аналога являются отсутствие технической возможности последовательной реализации и управления теплотехнических процессов: сушки, нагрева, пиролизной обработки и охлаждения материалов, герметизации узла равномерной загрузки и выгрузки термообработанных отходов, а также сложность конструктивно-технологического исполнения коллектора, обеспечивающего оптимизацию движения конвективных потоков парогазовой смеси.

Известна также "Установка для низкотемпературного пиролиза бытовых, сельскохозяйственных и промышленных отходов" (патент RU на изобретение № 116970, МПК F23G 5/02, опубл. 10.06.2012, бюл. № 16). Установка содержит расположенные в технологической последовательности и сообщенные между собой сушильную камеру с загрузочным бункером, сушильный реактор, тепловой генератор и пиролизный реактор, выполненный в виде обогреваемого полого объемного корпуса со ступенчато расположенными в нем в вертикальной плоскости и соединенными последовательно между собой первой и второй горизонтально расположенными цилиндрическими рабочими камерами с установленными внутри шнековыми механизмами подачи материала, а третья рабочая камера установлена в корпусе пиролизного реактора, но в зоне естественного охлаждения.

Недостатками данного аналога являются повышенная металлоемкость установки, связанная с реализацией отдельных процессов (сушки, нагрева, термической обработки, охлаждения) в отдельных шнековых устройствах, а также отсутствие высокоэффективных загрузочного и разгрузочного устройств, обеспечивающих герметичность пиролизного реактора и эффективность в нем термической деструкции перерабатываемых материалов.

Наиболее близкой по технической сущности к заявленной является установка для реализации способа низкотемпературной переработки органических твердых коммунальных отходов (патент RU на изобретение № 2744225, "Способ низкотемпературной переработки органических твердых коммунальных отходов и установка для его реализации", МПК F23G 5/027, B09B 3/00, опубл. 03.03.2021, бюл. № 7), содержащая трубчатый реактор с винтообразным транспортирующим органом непрерывного действия и герметизирующими загрузочными и разгрузочными устройствами с отдельными приводами, устройствами очистки, охлаждения и конденсации парогазовой смеси. При этом наклоненный к горизонтальной оси загрузочный питатель-уплотнитель-затвор выполнен в виде винтообразных устройств различного геометрического профиля, расположенных в цилиндрической и конической частях комбинированного устройства, а выгрузочный питатель-уплотнитель, установленный на выходе трубчатого реактора вдоль его горизонтальной оси, выполнен в виде последовательно установленных в цилиндрической и конической частях двухзаходных и однозаходных винтовых лопастей.

С признаками прототипа в части установки совпадает следующая совокупность признаков: наличие загрузочного и разгрузочного герметизирующих устройств с отдельными приводами, пиролизного трубчатого реактора с винтообразным транспортирующим органом непрерывного действия внутри, устройствами очистки, охлаждения и конденсации парогазовой смеси.

Недостатками известной установки являются следующие:

недостаточно высокая эффективность пиролизной переработки и не высокое качество получаемой продукции (это связано с тем, что предварительное уплотнение перерабатываемой шихты с низкой насыпной плотностью затрудняет герметизацию загрузочного устройства);

невозможность использования установки при переработке вязко-пластичных материалов;

отсутствие постадийной переработки материалов в термореакторе с обеспечением в нем рациональных режимов их термической деструкции;

исключение возможности классификации термообработанных материалов и удаление из них посторонних включений, а также сложность конструкции выгрузочного герметизирующего устройства.

Одностадийность термомеханической обработки при использовании устройства органоминеральных материалов в пиролизном реакторе протяженной длины без промежуточной классификации органических и минеральных составляющих получаемой продукции также снижает энергоэффективность пиролизного процесса и качество получаемой продукции.

Указанная задача решается за счет следующего.

1. Установка для низкотемпературной пиролизной переработки органических твердых коммунальных и промышленных отходов содержит трубчатый реактор с винтообразным транспортирующим орга-

ном непрерывного действия и герметизирующими загрузочными и разгрузочными устройствами с отдельными приводами, устройствами очистки, охлаждения и конденсации парогазовой смеси.

В предлагаемой установке наклонный или вертикальный загрузочный питатель-затвор-деагломератор, установленный под углом к горизонтали $\alpha=45-90^\circ$, выполнен в виде последовательно установленных по ходу движения материала технологических блоков, включающих

закрепленные на одном приводном валу транспортирующие шнеки, причем в зоне загрузки с постоянным диаметром D_1 и уменьшающимся в сторону выгрузки шагом, $S_2 < S_1$, расположенные в коническом корпусе с конусностью $K_1=(D_{к1}-d_{к1})/L_{к1}=0,15 \div 0,3$, где $D_{к1}$, $d_{к1}$ - соответственно наибольший и наименьший диаметр конического корпуса длиной $L_{к1}$;

шнековый конический уплотнитель с закрепленной на конце двухзаходной винтовой лопастью;

цилиндрический канал стабилизации плотности материала диаметром $D_u=d_{к1}$ с перфорированными пластинами и окаймляющими внутренний корпус упругими уплотнителями, размещенными в герметичной обечайке с пластифицирующим жидким компонентом внутри;

винтообразный конический движитель уплотненной массы материала, расположенный в коническом корпусе с расширяющимся в сторону выгрузки материала диаметром и одинаковыми значениями конусности $K_{кq}=K_2=0,1 \div 0,2$, где $K_{кq}=(D_{кq}-d_{кq})/L_{кq}$, $K_2=(D_{к2}-d_{к2})/L_{к2}$, $K_{кq}$, K_2 - соответственно конусность винтового конического движителя и конического корпуса движителя, $L_{кq}=L_{к2}$ - соответственно длина конического движителя и его окаймляющего корпуса;

сопряженное с последним ножевое устройство, составленное из закрепленных на валу режущих пластин с заостренными по краям кромками, расположенными по винтовой поверхности в сторону выгрузки, и углом смещения по окружности $\varphi=90^\circ$, а также закрепленные на вышеуказанном приводном валу в дугообразном цилиндрическом выгрузочном раструбе, сопряженном с трубчатым реактором, двухвитковые составленные из прутков выгрузочные лопасти;

при этом трубчатый реактор составлен из верхнего и нижнего параллельно установленных в вертикальной плоскости цилиндрических корпусов с консольно установленными внутри каждого из них спиралевидными транспортирующими органами и индивидуальными приводами, размещенными в выгрузочной части верхнего и загрузочной части нижнего цилиндрических корпусов, соединенных герметизирующей шахтой, в верхней части которой на наружной поверхности спиралевидного транспортирующего органа верхнего цилиндрического корпуса закреплена классифицирующая сетка отбора крупных включений термообработанной продукции в виде сетчатого цилиндра, сопряженного по горизонтальной оси с вертикально установленной колонной, внутри которой размещены герметизирующие пересыпные полки, а в выгрузочной части нижнего цилиндрического корпуса установлен герметизирующий питатель-затвор с закрепленными на эксцентрично установленном валу дугообразными лопастями, соприкасающимися с герметизирующими пластинами.

В предлагаемой установке реализуются следующие дополнительные признаки.

2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что высота сегментов спиралевидного транспортирующего органа верхнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора с середины его длины в зоне термической деструкции составляет $h_{с.дестр.}=(0,3 \div 0,5)h_{с.исх.}$, а сегментов спирали нижнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора по его длине в зоне стабилизации термической деструкции и охлаждения - $h_{с.стаб.охл.}=(0,2 \div 0,3)h_{с.исх.}$, где $h_{с.исх.}$ - максимальная высота сегмента в зоне загрузки материала.

3. Установка по п.1, отличающаяся тем, что спиралевидный транспортирующий орган верхнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора имеет с середины его длины уменьшающийся шаг, $S_{ц2}=(0,5-0,8)S_{ц1}$, где $S_{ц1}$ - шаг спиралевидного транспортирующего органа, а соотношение диаметров верхнего цилиндрического корпуса $D_{цк1}$ и нижнего цилиндрического корпуса $D_{цк2}$ составляет $D_{цк1}=(0,45 \div 0,7)D_{цк2}$.

4. Установка по п.1, отличающаяся тем, что фрагмент спиралевидного транспортирующего органа со стороны разгрузочной части, заключенный в сетчатый цилиндр, имеет не менее двух витков винтовой поверхности, а высота сегментов спиралей $h_{с.кл.}$ составляет $h_{с.кл.}=(0,1 \div 0,2)h_{с.исх.}$, где $h_{с.исх.}$ - максимальная высота сегмента в зоне загрузки материала.

5. Установка по п.1, отличающаяся тем, что в вертикальной колонне подвижные пересыпные полки расположены под углом $\beta=45-60^\circ$ к вертикали, при этом высота установки верхней подвижной полки от горизонтальной оси индивидуального привода составляет не более $1/3$ рабочей высоты колонны $H_{раб.ш.}$, а нижней подвижной полки - не менее $2/3 H_{раб.ш.}$

6. Установка по п.1, отличающаяся тем, что выгрузочный питатель-затвор нижнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора содержит последовательно расположенные по ходу движения выгружаемого продукта герметизирующие уплотняющие элементы, при этом в зоне выгрузки из трубчатого реактора - в виде качающегося затвора, а внутри самого питателя-затвора соприкасающиеся с его дугообразными вращающимися лопастями, закрепленными на эксцентрично установленном относительно центральной оси корпуса питателя валу, упругой направляющей и подпружиненной запирающей пластинами.

7. Установка по п.1, отличающаяся тем, что при переработке вязко-пластичных отходов шнековый

уплотнитель размещен ниже на $1/3$ длины конического корпуса $L_{к1}$ от его выгрузочного отверстия и выполнен в виде 4-х сопряженных по периметру выходного отверстия усеченных конусов, направленных меньшими диаметрами в сторону выгрузки, а в зоне загрузки и выгрузки соответственно жестко закреплены на приводном валу нагнетающие лопасти с углом наклона их рабочих поверхностей к движущемуся потоку материала $\gamma=20-40^\circ$ и расположенные по окружности режущие пластины с углом наклона к торцевой поверхности усеченных конусов $\xi=10-20^\circ$.

Указанные в формуле и в описании значения параметров конструкции установки являются оптимальными и получены при проведении экспериментов на опытном образце, находящемся на производственной площадке индустриального партнера ООО "ТК "Экотранс", г. Белгород.

Техническим результатом, обеспечивающим решение задачи, являются снижение металлоемкости установки, предназначенной для термолизной переработки ТКО с различными физико-механическими характеристиками, а также конструктивно-технологическое совершенствование отдельных устройств термолизного реактора (узлов загрузки, термомеханической обработки, классификации, транспортирования и выгрузки с нестабильной морфологией и составом перерабатываемых материалов) и обеспечение эксплуатационной надежности агрегата. Кроме того, перечень технологических условий и количественных значений параметров, указанных в дополнительных признаках (пп.2-6), позволяет реализовать данное изобретение в реальных производственных условиях переработки ТКО с широким диапазоном их физико-механических характеристик.

Сущность установки для низкотемпературного термолиза твердых коммунальных отходов поясняется следующими чертежами, где

на фиг. 1 - изображена принципиальная технологическая схема установки с ее устройствами для переработки твердых коммунальных отходов;

на фиг. 2 - загрузочный питатель-затвор-дезагломератор с устройствами уплотнения-герметизации и последующей дезагломерации уплотненного материала;

на фиг. 3 - устройство для подачи пластифицирующего жидкого компонента в цилиндрический канал стабилизации плотности материала;

на фиг. 4 - разрез А-А на фиг. 3;

на фиг. 5 - аксонометрическое изображение устройства для предварительного уплотнения вязкопластичных материалов (шнековый уплотнитель с наставкой);

на фиг. 6 - сечение устройства для предварительного уплотнения вязкопластичных материалов на фиг. 5;

на фиг. 7 - вид А на фиг. 6;

на фиг. 8 - фрагмент установки для отбора неорганических включений из термообработанных в реакторе материалов и их выгрузки через пересыпные полки вертикальной колонны;

на фиг. 9 - разрез В-В на фиг. 8;

на фиг. 10 - питатель-затвор.

Установка для низкотемпературного термолиза твердых коммунальных и промышленных отходов содержит трубчатый реактор (фиг. 1), составленный из двух параллельно установленных в вертикальной плоскости цилиндрических корпусов, верхнего 1 и нижнего 2, с консольно установленными внутри спиралевидными транспортирующими органами 3, 4 соответственно и индивидуальными приводами 5, 6, размещенными в выгрузочной части верхнего 1 и загрузочной части нижнего 2 цилиндрических корпусов. Трубчатый реактор имеет рубашку обогрева 7, штуцеры выхода дымовых газов 8, газожидкостную горелку 9 и дымовую трубу 10. Размещенный на верхнем цилиндрическом корпусе 1 фильтр 11 очистки парогазовой смеси связан трубопроводом с колонной 12 охлаждения и конденсации парогазовой смеси. Колонна 12 содержит штуцер 13 отбора светлого углеводородного топлива, штуцер 14 отбора технической воды, штуцер 15 отбора темного углеводородного топлива, конденсатор 16, теплообменник 17, штуцер выхода углеводородного газа 18.

Верхний цилиндрический корпус 1 трубчатого реактора в правой части имеет штуцер 19 ввода технической воды, подаваемой насосом 20, штуцер 21 подачи и штуцер 22 отбора пара (фиг. 1).

Загрузочный питатель-затвор-дезагломератор (блок 1) (фиг. 1, 2), установленный под углом к горизонту $\alpha=45-90^\circ$ (при 45° - наклонный, при 90° - вертикальный), выполнен в виде последовательно установленных по ходу движения материала технологических блоков:

23 - загрузки и питания с приемным бункером;

24 - уплотнения материала;

25 - стабилизации плотности материала;

26 - доставки уплотненного материала в зону разрыхления;

27 - дезагломерации уплотненного материала;

28 - загрузки уплотненных конгломератов в реактор.

На приводном валу закреплены

транспортирующий шнек 29 с постоянным диаметром $D_1=\text{const}$ и уменьшающимся в сторону выгрузки шагом, $S_2 < S_1$, размещенный в коническом корпусе 30 с конусностью $K_1=(D_{к1}-d_{к1})/\alpha_{к1}=0,15\div 0,3$,

где $D_{к1}$, $d_{к1}$ - соответственно наибольший и наименьший диаметр конического корпуса длиной $L_{к1}$; и конический шнековый уплотнитель 31 с винтовыми лопастями и закрепленной на конце двухзаходной винтовой лопастью 32.

Блок 25 содержит цилиндрический канал 33 (фиг. 2, 3) стабилизации плотности материала диаметром $D_{ц}=d_{к1}$ с уплотняющими пластинами 34 и окаймляющими внутренний корпус упругими уплотнителями 35. Последние размещены в герметичной обечайке с пластифицирующим жидким компонентом 36 внутри. Уплотняющие пластины 34 (фиг. 3), содержащие штоки 37 со сферическими головками, соединены с опорными для упругих уплотнений дугообразными поверхностями 38 перфорированной части 39 внутреннего цилиндрического канала (обечайки), образующего с внешней цилиндрической обечайкой 40 и торцевыми днищами 41, 42 замкнутый контур с жидкостью внутри. Между перфорированной поверхностью 39 цилиндрического канала и внутренней поверхностью уплотняющих пластин расположены поризованные упругие элементы 43 повышенной гидрофильности. Внутренняя цилиндрическая обечайка со стороны уплотняемого материала (изнутри) имеет расположенные вдоль центральной оси каналы - пазы 44 (фиг. 3, 4). В крайних каналах (фиг. 4) элементы 34, 37, 38, 43 не указаны. В каналах закреплены углубленно уплотняющие пластины. На внешней цилиндрической обечайке в верхней и нижней частях установлены штуцеры 45, 46, оснащенные клапанами (фиг. 2, 4).

Установленный далее после блока 25 винтообразный конический движитель 47 (фиг. 2) уплотненной массы материала расположен в окаймляющем коническом корпусе 48 с расширяющимся в сторону выгрузки диаметром и одинаковыми значениями конусности $K_{кд}=K_2=0,1\div 0,2$, где $K_{кд}=(D_{кд}-d_{кд})/L_{кд}$, $K_2=(D_{к2}-d_{к2})/L_{к2}$, $K_{кд}$, K_2 - соответственно конусность винтового конического движителя и конического корпуса движителя, $L_{кд}=L_{к2}$ - соответственно длина конического движителя 47 и его окаймляющего корпуса 48, сопряженного с ножевым устройством 49 блока 27 дезагломерации уплотненного материала. Ножевое устройство 49 составлено из закрепленных на валу режущих пластин с заостренными по краям кромками.

Режущие пластины расположены по винтовой поверхности в сторону выгрузки и с углом смещения по окружности $\varphi=90^\circ$. В цилиндрическом корпусе 50 установлен предохранительный клапан 51 для сброса избыточного давления из реактора.

Загрузочный питатель-затвор-дезагломератор, содержащий блоки 23, 24, 25, 26, 27, 28, соединяется в его разгрузочной части с цилиндрическим корпусом 1 трубчатого реактора при помощи дугообразного цилиндрического патрубка 52, внутри которого на валу закреплены, составленные из прутков двухвитковые выгрузочные лопасти 53 (фиг. 2).

При переработке вязко-пластичных отходов используется специальный шнековый уплотнитель 54 (фиг. 5, 6, 7) с формующей наставкой, размещенный на $1/3$ длины конического корпуса $L_{к}$ от его выгрузочного отверстия. Шнековый уплотнитель выполнен в виде 4-х сопряженных по периметру входного отверстия усеченных конусов 55, направленных меньшими диаметрами $d_{ус.к.вых.}$ в сторону выгрузки. В зоне загрузки и выгрузки соответственно закреплены жестко на приводном валу нагнетающие лопасти 56 с углом наклона их рабочей поверхности к движущемуся потоку материала $\gamma=20-40^\circ$ и расположенные по окружности режущие пластины 57 с углом наклона к торцевой поверхности усеченных конусов $\xi=10-20^\circ$. В данном случае шнековый уплотнитель соединен непосредственно с дугообразным цилиндрическим патрубком 52 без использования технологических блоков 25, 26 и 27 (фиг. 2).

Выгрузочная часть верхнего 1 и загрузочная часть нижнего 2 цилиндрических корпусов трубчатого реактора (фиг. 1, 8, 9) объединены герметизирующей шахтой 58. В верхней части герметизирующей шахты 58 на последних витках спиралевидного транспортирующего органа верхнего цилиндрического корпуса 1 закреплена классифицирующая сетка 59 отбора крупных включений из термообрабатываемой продукции - винтовой сетчатый цилиндр 60. При этом сетчатый цилиндр классификации материала сопряжен по горизонтальной оси с вертикально установленной колонной 61. Внутри колонны 61 расположены герметизирующие подвижные пересыпные полки 62. В выгрузочной части (блок II) нижнего цилиндрического корпуса 2 (фиг. 1, 10) реактора установлен питатель-затвор 63 с закрепленными на эксцентрично установленном относительно центральной оси корпуса питателя вала дугообразными лопастями 64. Питатель-затвор 63 содержит качающийся затвор 65, уплотняющие герметизирующие пластины 66, 67, а также тела качения 68.

Высота сегментов 69 верхнего спиралевидного транспортирующего органа 3 верхнего цилиндрического корпуса 1 трубчатого реактора (фиг. 1) с середины его длины в зоне термической деструкции составляет $h_{с.дистр.}=(0,3\div 0,5)h_{с.исх.}$, а сегментов 70 спиралевидного транспортирующего органа 4 нижнего цилиндрического корпуса 2 трубчатого реактора по его длине в зоне стабилизации термической деструкции и охлаждения - $h_{с.таб.охл.}=(0,2\div 0,3)h_{с.исх.}$ (фиг. 1). Кроме того, спиралевидный транспортирующий орган 3 верхнего цилиндрического корпуса 1 имеет с середины длины уменьшающийся шаг $S_{ц2}=(0,5-0,8)S_{ц1}$, а соотношение диаметров корпусов верхнего цилиндрического 1 - $D_{цк1}$ и нижнего цилиндрического 2 - $D_{цк2}$ трубчатых реакторов составляет $D_{цк1}=(0,45\div 0,7)D_{цк2}$.

Спиралевидный транспортирующий орган 3 с классифицирующей сеткой 59 в виде сетчатого цилиндра 60 имеет не менее двух витков винтовой поверхности, а высота сегментов спиралей $h_{с.кл.}$ состав-

ляет $h_{с.кл.}=(0,1\div 0,2)h_{с.исх.}$ (фиг. 1, 8). В вертикальной колонне 61, примыкающей к герметизирующей шахте 58 (фиг. 8), подвижные пересыпные полки 62 расположены под углом $\beta=45-60^\circ$ к вертикали, высота установки верхней подвижной полки от горизонтальной оси индивидуального привода 5 составляет не более $1/3$ рабочей высоты колонны $H_{раб.к.}$, а нижней подвижной полки - не менее $2/3 H_{раб.к.}$.

Установка работает следующим образом.

Исходные, предварительно измельченные материалы, например ТКО, загружаются в приемный бункер технологического блока загрузки и питания 23 (фиг. 2), наклоненного под углом $\alpha=45-90^\circ$ к горизонту, из которого с помощью транспортирующего шнека 29 с постоянным диаметром $D_1=const$ и уменьшающимся в сторону выгрузки шагом, $S_2 < S_1$, транспортируются по дальнейшим технологическим блокам 24, 25, 26, 27, 28:

конического шнекового уплотнителя 31 с закрепленной на конце двухзаходной винтовой лопастью 32, обеспечивающей равномерную подачу уплотненного материала;

цилиндрического канала 33 (фиг. 2, 3) диаметром $D_{ц}=d_{к1}$, обеспечивающего снятие упругих деформаций в предварительно уплотненном материале и стабилизацию его плотности.

В последнем создается "пробка" из уплотненного материала, исключающая поступление кислорода воздуха в цилиндрический корпус 1 трубчатого реактора, обеспечивающего термическую обработку ТКО без доступа кислорода - низкотемпературный термолиз.

Для обеспечения необходимого коэффициента уплотнения измельченных органических ТКО, обладающих невысокой исходной насыпной плотностью ($\rho_0 \leq 500 \text{ кг/м}^3$), конусность конического шнекового уплотнителя составляет $K_1=0,15\div 0,3$.

С учетом нестабильности морфологического и вещественного состава перерабатываемых органических ТКО, а также их влажности возможны энергетические перегрузки привода питателя-затвора-дезагломератора с соответствующим повышенным износом рабочих поверхностей цилиндрического канала 33 стабилизации плотности материала за счет увеличения сил внешнего трения материала $F_{тр}$ о внутреннюю поверхность канала - $F_{тр}=qf_0$, где q - усилие бокового распора материала, f_0 - коэффициент внешнего трения материала о внутреннюю поверхность канала.

Для исключения (или снижения) указанного отрицательного явления внутренняя обечайка цилиндрического канала 33 (фиг. 3, 4) со стороны уплотняемого материала (изнутри) имеет расположенные вдоль центральной оси каналы-пазы 44 (фиг. 4), в которых закреплены углубленно уплотняющие пластины 34 (фиг. 3). Последние посредством штоков 37 со сферическими головками соединены с опорными дугообразными поверхностями 38, в которых размещены упругие уплотнители 35, обеспечивающие по всему периметру обечайки цилиндрического канала 33 напряжения сжатия - прижатых опорных поверхностей 38 к перфорированной части 39 (седлу) обечайки цилиндрического канала.

Консольно закрепленные упругие уплотняющие пластины 34 также обеспечивают герметизацию узлов уплотнения. В пространстве, ограниченном перфорированной частью 39 обечайки цилиндрического канала и внутренней поверхности уплотняющих пластин 34, находятся поризованные упругие элементы 43, обладающие повышенной гидрофильностью (водопоглащением).

Внутренние 33 и внешние 40 цилиндрические обечайки совместно с торцевыми днищами 41, 42 образуют герметичный замкнутый контур. Внутри последнего расположены упругие уплотнители 35 (торообразные кольца), запирающие посредством дугообразных опорных поверхностей перфорированную часть 39 цилиндрического канала 33, что исключает прохождение жидкого пластифицирующего компонента 36 из замкнутого контура к перемещаемому по цилиндрическому каналу уплотненному материалу.

При повышении бокового усилия q со стороны перемещаемого по цилиндрическому каналу уплотненного материала (при повышенном $K_{упл}$ в коническом уплотнителе, низкой влажности материала - повышенных силах трения и др.) на упругие уплотняющие пластины 34 происходит их отжатие посредством штоков 37, соединяющих опорные дугообразные поверхности 38 с воздействующими на них уплотняющими пластинами 34. В результате жидкий пластифицирующий компонент 36 из замкнутого контура (поз. 33, 40, 41, 42) поступает через перфорированную поверхность 39 цилиндрического канала 33 во внутреннюю полость расположения поризованного элемента 43 повышенной гидрофильности. При динамическом воздействии уплотняющих пластин 34 на влагонасыщенный поризованный элемент 43 происходит его влагоотдача и насыщение поверхностного слоя перемещаемого по цилиндрическому каналу уплотняемого материала. При этом снижаются силы трения материала о рабочую поверхность цилиндрического канала, т.е. энергосатраты на продвижение материала.

Для подачи и выгрузки жидкого пластифицирующего компонента или сжатого воздуха в замкнутый цилиндрический контур служат штуцеры 45, 46 с клапанами.

В дальнейшем для обеспечения равномерной подачи уплотненных ТКО в трубчатый реактор, а также их стабильного перемещения консольно установленным в цилиндрическом корпусе 1 спиралевидным транспортирующим органом 3 необходима дезагломерация (расщепление) уплотненного "цилиндра", выходящего из цилиндрического канала 33.

Для этого уплотненный материал из цилиндрического канала 33 перемещается винтообразным коническим движителем 47, расположенным в коническом корпусе 48 с расширяющимся в сторону вы-

грузки диаметром и одинаковыми значениями конусности $K_{кл2}=K_2=0,1\div 0,2$; длины канала и корпуса - $L_{кл}=L_{к2}$ в сторону выгрузки. При этом за счет увеличивающегося сечения слоя материала последний частично дезагломерируется и выходит в цилиндрический канал 50, в котором на валу жестко закреплены режущие пластины 49 с заостренными по краям кромками. Режущие пластины легко разрушают уплотненный ранее материал (в виде кольца) на отдельные уплотненные конгломераты, обладающие повышенной теплопроводностью и достаточной сыпучестью без повышенных сопротивлений при их транспортировке. Пластины расположены по винтовой поверхности в сторону выгрузки и углом смещения по окружности $\varphi=90^\circ$ (на фиг. 2 - не показано). Для сброса повышенного давления на корпусе цилиндрического канала 50 установлен предохранительный клапан 51, срабатывающий при возникающих в трубчатом реакторе нестандартных ситуациях (повышенных давлениях).

При использовании ТКО в вязко-пластичном состоянии целесообразно использовать следующее техническое решение (фиг. 5, 6, 7).

В коническом корпусе 30 (фиг. 2) предварительного уплотнения материалов на $1/3$ его длины L_k от выгрузочного отверстия установлен шнековый уплотнитель 54 с формующей наставкой. Последняя выполнена в виде 4-х сопряженных по периметру выходного отверстия усеченных конусов 55 (фиг. 5, 6), направленных меньшими диаметрами $d_{у.к.вых.}$ в сторону выгрузки. Нагнетание пластичных материалов на усеченные конусы осуществляется с помощью расположенного над ними конического шнекового уплотнителя 31, а равномерная загрузка - с помощью нагнетающих лопастей 56 с углами наклона их рабочей поверхности к движущемуся потоку материала $\gamma=20-40^\circ$. Выходящий из конусов 55 уплотненный материал разрезается режущими пластинами 57 с углом наклона к торцевой поверхности усеченных конусов $\xi=10-20^\circ$.

В дальнейшем уплотненный конгломерат с помощью двухвитковых выгрузочных лопастей 53, включающих зависание материала, поступает через дугообразный цилиндрический выгрузочный патрубок 52 в верхний цилиндрический корпус 1 трубчатого реактора с консольно установленным внутри спиралевидным транспортирующим органом 3 (фиг. 1, 2).

В отличие от "шнекового" исполнения (с двумя подшипниковыми опорами по краям) транспортирующего органа спиралевидный исключает его стопорение как из-за температурного расширения, так и механического заклинивания винтовой поверхности при попадании ТКО различной формы и размеров в зазоры между цилиндрическим корпусом и витками шнека.

"Плавающая" консольная часть спиралевидного транспортирующего органа, опирающаяся на слой материала, обладает необходимой степенью подвижности, а закрепленные между витками спирали сегменты "жесткости" с заданной высотой обеспечивают необходимую производительность терморектора.

С учетом физико-механических характеристик термообрабатываемых ТКО (исходной плотности конгломератов, их влажности, степени их термической усадки, сыпучести и др.) высота сегментов 69 верхнего и сегментов 70 нижнего спиралевидных транспортирующих органов цилиндрических корпусов терморектора должна составлять: верхнего с середины его длины (в зоне термической деструкции) - $h_{с.дестр.}=(0,3\div 0,5)h_{с.исх.}$, где $h_{с.исх.}$ - максимальная высота сегмента в зоне загрузки материала; нижнего (в зоне стабилизации термической деструкции) и охлаждения - $h_{стаб.охл.}=(0,2\div 0,3)h_{с.исх.}$

Кроме того, с учетом вышеуказанных факторов, а также для обеспечения рациональных энергозатрат, стабилизации процессов термообработки ТКО, снижения металлоемкости агрегата, автоматизированного контроля технологических параметров и др. спиралевидный транспортирующий орган верхнего трубчатого реактора имеет с середины его длины уменьшающийся шаг $S_{ц2}=(0,5\div 0,8)S_{ц}$, а соотношение диаметров цилиндрических корпусов составляет $D_{цк1}=(0,45\div 0,47)D_{цк2}$.

Установка индивидуальных приводов спиралевидных транспортирующих органов в правой части терморектора (в зоне более низких температур) улучшает условия обслуживания и эксплуатации агрегата (фиг. 1).

Выгрузочная часть верхнего 1 и загрузочная часть нижнего 2 цилиндрических корпусов соединена герметизирующей шахтой 58, в верхней части которой на наружной поверхности последних витков спиралевидного транспортирующего органа верхнего цилиндрического корпуса 1 закреплена классифицирующая сетка 59 отбора крупных включений термообработанного ранее материала (фиг. 7). Для обеспечения качественного процесса классификации материала сетчатая поверхность должна быть закреплена не менее чем на двух витках спиралевидного транспортирующего органа, а для обеспечения необходимого времени классификации высота сегментов спиралей не должна превышать значений $h_{с.кл.}=(0,1\div 0,2)h_{с.исх.}$

Термообрабатываемый материал, перемещаемый спиралевидным транспортирующим органом 3 (верхняя часть), направляется при его выгрузке из цилиндрического корпуса 1 во внутреннюю часть винтового сетчатого классификатора 60. При этом мелкозернистый термообрабатываемый материал просеивается через сетчатую поверхность для дальнейшей термической обработки в зоне термической стабилизации терморектора (цилиндрический корпус 2), а крупные включения выгружаются в сопряженную с герметизирующей шахтой 58 вертикальную колонну 61. В последней размещены герметизирующие пересыпные полки 62 (в левой части по высоте - неподвижные, направляющие, а в правой - подвижные с

контргрузами, герметизирующие).

Для исключения зависания отклассифицированных кусковых материалов пересыпные полки должны быть распределены под углом $\beta=45\div 60^\circ$ к вертикали, а для обеспечения герметизации выгрузочной колонны (постадийного заполнения ее отсеков включениями) необходимо соблюдать условие: высота установки верхней подвижной полки от горизонтальной оси индивидуального привода 5 составляет не более $1/3$ рабочей высоты колонны $H_{\text{раб.к.}}$, нижней подвижной полки - не менее $2/3 H_{\text{раб.к.}}$ (фиг. 8, 9).

Стабилизация процесса термодеструкции органических ТКО, их охлаждение и выгрузка готовой продукции - технического углерода - осуществляется через нижний цилиндрический корпус 2, оснащенный также консольно установленным спиралевидным транспортирующим органом 4 (фиг. 1, 10). Выгрузка продукции осуществляется через герметизирующий питатель-затвор 63 с питающими дугообразными лопастями 64 (фиг. 10), закрепленными на эксцентрично установленном относительно центральной оси корпуса питателя вала. Уплотняющие элементы выгрузочного устройства включают качающийся затвор 65, упругую направляющую 66, подпружиненную и запирающую 67 пластины. Наличие под упругой направляющей пластиной 66 тел качения 68, соприкасающихся с дугообразными лопастями 64, существенно снижает износ трущихся пар. Использование съемных волокнистых хвостовиков (из упругих материалов) дугообразных лопастей 64 обеспечивает дополнительную герметичность и эксплуатационную надежность выгрузочного устройства. Качающийся затвор 65, подвижные уплотняющие элементы 66 и 67 также предохраняют герметизирующий-питатель-затвор от поломки в случае наличия в выгружаемом продукте спекшихся конгломератов или инородных включений.

Технико-экономическая эффективность предлагаемой установки подтверждается совокупностью технических решений: герметизирующих загрузочного и разгрузочного устройств, трубчатого реактора с последовательно установленными и консольно закрепленными спиралевидными транспортирующими органами, расположенными между ними классифицирующим устройством для удаления крупных включений, а также указанными дополнительными признаками к ним, что позволяет обеспечивать низкотемпературный термолиз органических ТКО с нестабильным морфологическим и вещественным составом компонентов, получение высококалорийной качественной продукции: технического углерода, жидкого углеводородного топлива и синтетического газа.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Установка для низкотемпературной термолизной переработки органических твердых коммунальных и промышленных отходов, содержащая трубчатый реактор с винтообразным транспортирующим органом непрерывного действия и герметизирующими загрузочными и разгрузочными устройствами с отдельными приводами, устройствами очистки, охлаждения и конденсации парогазовой смеси, отличающаяся тем, что наклонный или вертикальный загрузочный питатель-затвор-деагломератор, размещенный под углом к горизонтали $\alpha=45-90^\circ$, выполнен в виде последовательно установленных по ходу движения материала технологических блоков, включающих

закрепленные на одном приводном валу транспортирующие шнеки, причем в зоне загрузки с постоянным диаметром D_1 и уменьшающимся в сторону выгрузки шагом, $S_2 < S_1$, расположенные в коническом корпусе с конусностью $K_1 = (D_{k1} - d_{k1}) / L_{k1} = 0,15 \div 0,3$, где D_{k1} , d_{k1} - соответственно наибольший и наименьший диаметр конического корпуса длиной L_{k1} ;

шнековый конический уплотнитель с закрепленной на конце двухзаходной винтовой лопастью;

цилиндрический канал стабилизации плотности материала диаметром $D_{\text{ц}} = d_{k1}$ с уплотнительными пластинами и окаймляющими внутренний корпус упругими уплотнителями, размещенными в герметичной обечайке с пластифицирующим жидким компонентом внутри;

винтообразный конический движитель уплотненной массы материала, расположенный в коническом корпусе с расширяющимся в сторону выгрузки материала диаметром и одинаковыми значениями конусности $K_{kq} = K_2 = 0,1 \div 0,2$, где $K_{kq} = (D_{kq} - d_{kq}) / L_{kq}$, $K_2 = (D_{k2} - d_{k2}) / L_{k2}$, K_{kq} , K_2 - соответственно конусность винтового конического движителя и конического корпуса движителя, $L_{kq} = L_{k2}$ - соответственно длина конического движителя и окаймляющего его корпуса;

расположенные в сторону выгрузки с углом смещения по окружности $\varphi = 90^\circ$, а также закрепленные на вышеуказанном приводном валу в дугообразном цилиндрическом выгрузочном раструбе, сопряженном с трубчатым реактором, дугообразные двухвитковые состоящие из прутков выгрузочные лопасти;

при этом трубчатый реактор составлен из верхнего и нижнего параллельно установленных в вертикальной плоскости цилиндрических корпусов с консольно установленными внутри каждого из них спиралевидными транспортирующими органами с индивидуальными приводами, размещенными в выгрузочной части верхнего и загрузочной части нижнего цилиндрических корпусов, соединенных герметизирующей шахтой, в верхней части которой на наружной поверхности спиралевидного транспортирующего органа верхнего цилиндрического корпуса закреплена классифицирующая сетка отбора крупных включений термообработанной продукции в виде сетчатого цилиндра, сопряженного по горизонтальной оси с вертикально установленной колонной, внутри которой размещены герметизирующие подвижные пересыпные полки, а в выгрузочной части нижнего цилиндрического корпуса расположен питатель-

затвор с закрепленными на эксцентрично установленном валу дугообразными лопастями, соприкасающимися с герметизирующими пластинами.

2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что высота сегментов спиралевидного транспортирующего органа верхнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора с середины его длины в зоне термической деструкции составляет $h_{с.дестр.}=(0,3\div 0,5)h_{с.исх.}$, а сегментов спирали нижнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора по его длине в зоне стабилизации термической деструкции и охлаждения - $h_{с.стаб.охл.}=(0,2\div 0,3)h_{с.исх.}$ где $h_{с.исх.}$ - максимальная высота сегмента в зоне загрузки материала.

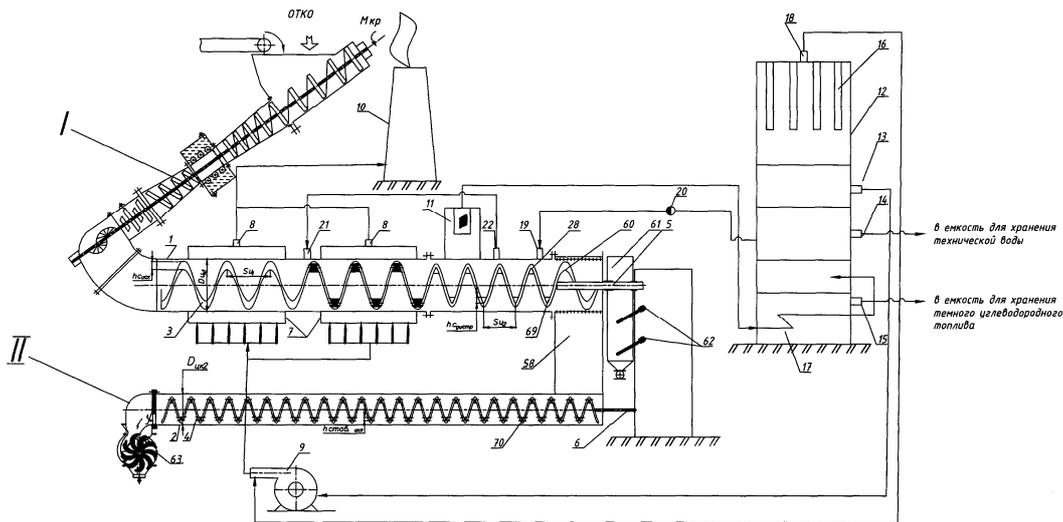
3. Установка по п.1, отличающаяся тем, что спиралевидный транспортирующий орган верхнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора имеет с середины его длины уменьшающийся шаг, $S_{ц2}=(0,5-0,8)S_{ц1}$, где $S_{ц1}$ - шаг спиралевидного транспортирующего органа, а соотношение диаметров верхнего цилиндрического корпуса $D_{цк1}$ и нижнего цилиндрического корпуса $D_{цк2}$ составляет $D_{цк1}=(0,45\div 0,7)D_{цк2}$.

4. Установка по п.1, отличающаяся тем, что фрагмент спиралевидного транспортирующего органа со стороны разгрузочной части, заключенный в сетчатый цилиндр, имеет не менее двух витков винтовой поверхности, а высота сегментов спиралей $h_{с.кл.}$ составляет $h_{с.кл.}=(0,1\div 0,2)h_{с.исх.}$, где $h_{с.исх.}$ - максимальная высота сегментов в зоне загрузки.

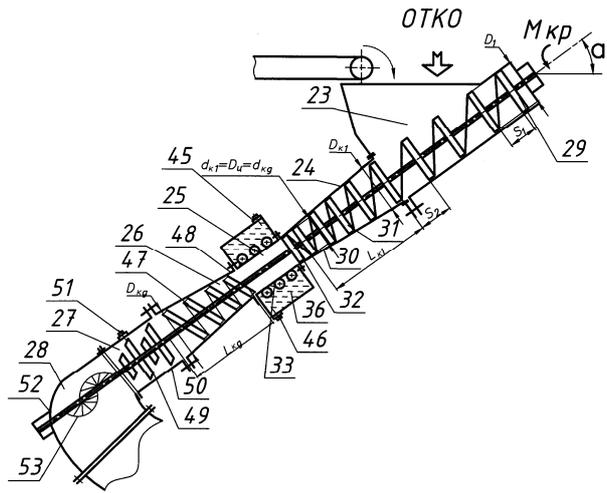
5. Установка по п.1, отличающаяся тем, что в вертикальной колонне подвижные пересыпные полки расположены под углом $\beta=45-60^\circ$ к вертикали, высота установки верхней подвижной полки от горизонтальной оси индивидуального привода составляет не более $1/3$ рабочей высоты колонны $H_{раб.ш.}$, а нижней подвижной полки - не менее $2/3 H_{раб.ш.}$.

6. Установка по п.1, отличающаяся тем, что выгрузочный питатель-затвор нижнего цилиндрического корпуса трубчатого реактора содержит последовательно расположенные по ходу движения выгружаемого продукта герметизирующие уплотняющие элементы, при этом в зоне выгрузки из трубчатого реактора - в виде качающегося затвора, а внутри самого питателя-затвора соприкасающиеся с его дугообразными вращающимися лопастями, закрепленными на эксцентрично установленном относительно центральной оси корпуса питателя валу, упругой направляющей и подпружиненной запирающей пластинами.

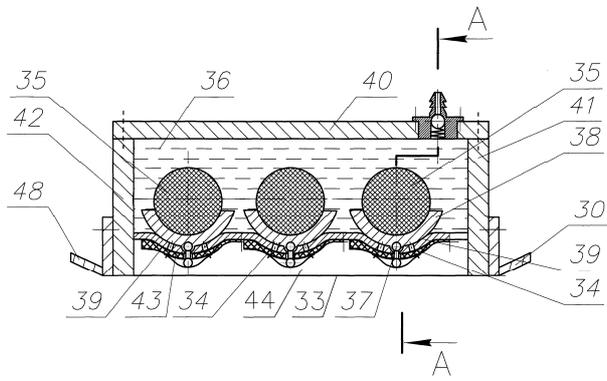
7. Установка по п.1, отличающаяся тем, что при переработке вязко-пластичных отходов шнековый уплотнитель размещен ниже на $1/3$ длины конического корпуса $L_{к1}$ от его выгрузочного отверстия и выполнен в виде 4-х сопряженных по периметру выходного отверстия усеченных конусов, направленных меньшими диаметрами в сторону выгрузки, а в зоне загрузки и выгрузки соответственно жестко закреплены на приводном валу нагнетающие лопасти с углом наклона их рабочих поверхностей к движущемуся потоку материала $\gamma=20-40^\circ$ и расположенные по окружности режущие пластины с углом наклона к торцевой поверхности усеченных конусов $\xi=10-20^\circ$.



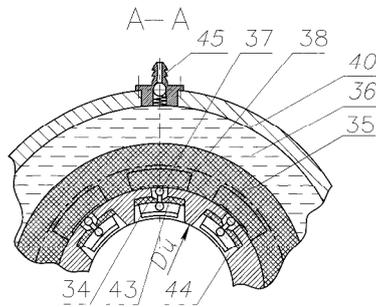
Фиг. 1



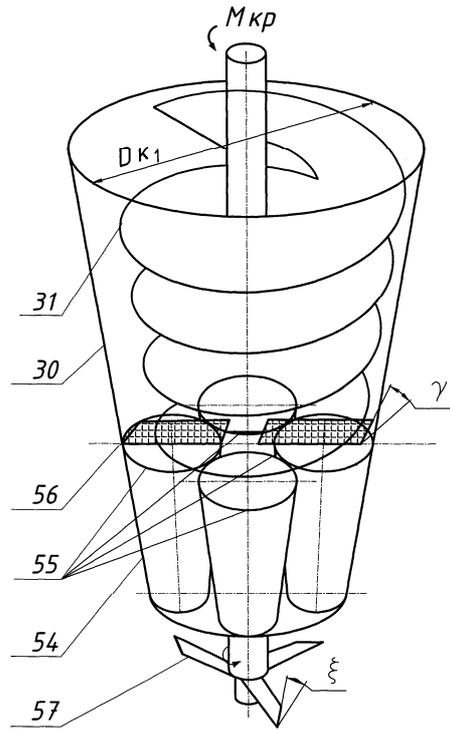
Фиг. 2



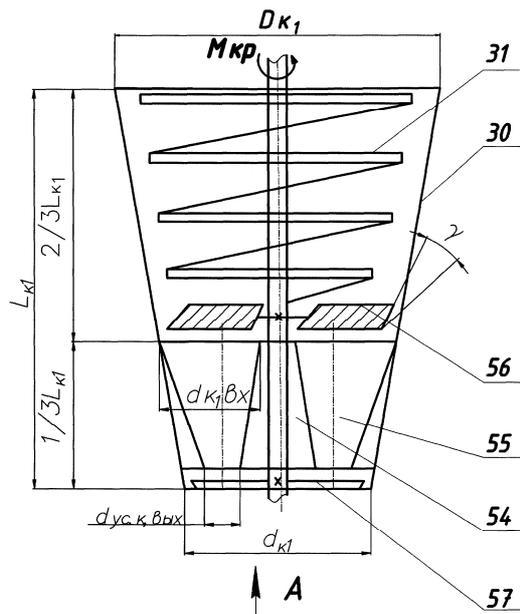
Фиг. 3



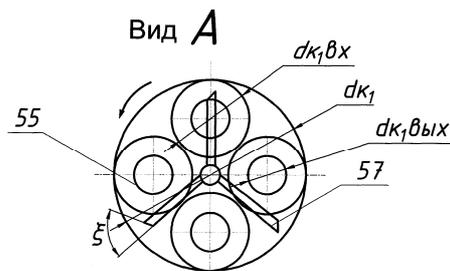
Фиг. 4



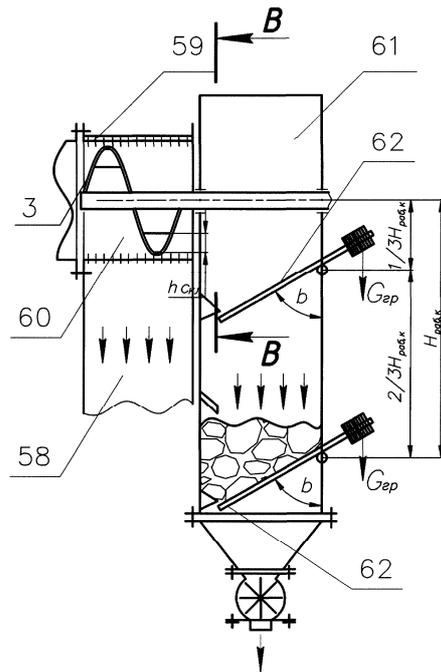
Фиг. 5



Фиг. 6

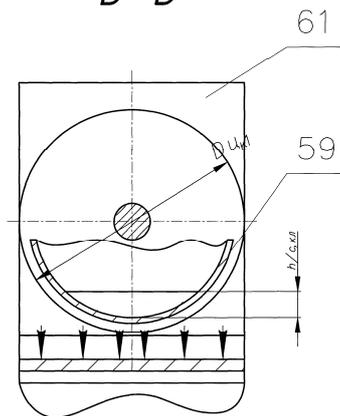


Фиг. 7

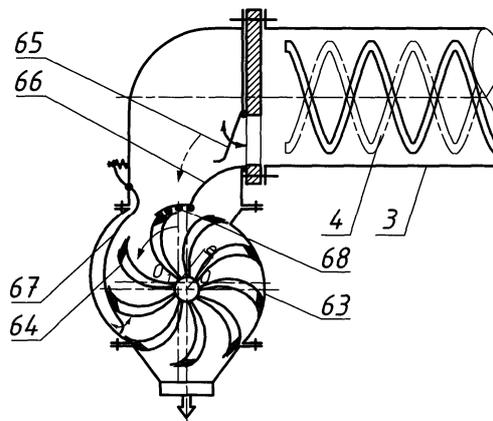


Фиг. 8

B - B



Фиг. 9



Фиг. 10

