

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036349**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.29

(21) Номер заявки
201900103

(22) Дата подачи заявки
2019.02.19

(51) Int. Cl. *C12M 1/02* (2006.01)
C12M 1/04 (2006.01)
C12M 1/113 (2006.01)
C12M 1/18 (2006.01)
C12M 1/36 (2006.01)
C05F 3/06 (2006.01)
C02F 11/04 (2006.01)

(54) БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

(43) **2019.07.31**

(96) **KZ2019/017 (KZ) 2019.02.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**СЛАВИКОВСКИЙ ДЕНИС
ВАЛЕРЬЕВИЧ; СЛАВИКОВСКИЙ
АНТОН ВАЛЕРЬЕВИЧ (KZ)**

(56) RU-C2-2414443
RU-C2-2577166
RU-C1-2491330
RU-C2-2346423

(72) Изобретатель:
**Славиковский Валерий Анатольевич,
Славиковский Денис Валерьевич,
Славиковский Антон Валерьевич
(KZ)**

(57) Предлагаемое устройство относится к области сельского хозяйства и пищевых производств, а именно к оборудованию для переработки отходов в виде остатков растений, свекловичного жома и патоки, отходов животноводства в промышленных масштабах с целью их утилизации и получения удобрений и биогаза, создания замкнутого биологического цикла в сельскохозяйственном производстве. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов содержит приемник-измельчитель (1), подающее устройство (2), гомогенизатор, теплообменник (5), накопитель субстрата (6), биореактор (10) с карусельным сепаратором, дозаторы (16, 23), редуктор-распределитель (14), газопоршневой двигатель ГПД (41), сепаратор (40), охладитель биоудобрения (28), теплонасосную установку (30), тепловой узел (34), газовый котел (35). Технические результаты заключаются в увеличении производительности ее работы, уменьшении габаритов установки, увеличении степени переработки субстрата, уменьшении потерь тепла и расходов первичной энергии на собственные нужды, увеличении удельного выхода биогаза и увеличении содержания в нем метана, снижении образования корки, повышении надежности работы установки.

B1**036349****036349****B1**

Предлагаемое устройство относится к области сельского хозяйства и пищевых производств, а именно к оборудованию для переработки отходов в виде остатков растений, свекловичного жома и патоки, отходов животноводства в промышленных масштабах с целью их утилизации и получения удобрений и биогаза, создания замкнутого биологического цикла в сельскохозяйственном производстве.

Известно устройство биореактора (1), которое состоит из теплоизолированного корпуса с куполом для сбора биогаза, внутренняя часть емкости биореактора разделена перегородками, которые установлены вертикально и соединены со стенками корпуса, в каждой секции между перегородками, кроме первой и последней, выполнены окна перетекания биомассы из секции в секцию. Каждая секция снабжена коллектором для подачи подпиток, теплообменником, перемешивающим устройством, датчиками pH, eH, температуры и уровня биомассы.

Основные недостатки данного технического решения:

высокая вероятность образования корки и отсутствие устройства для ее удаления, что снижает выделение биогаза;

снижение теплообмена теплообменников из-за отложения на поверхности теплообменников ила ввиду низкой скорости движения субстрата вдоль их поверхности, что приведет к необходимости дополнительного повышения температуры в теплообменнике и увеличению расхода тепла.

В изобретении минимизируется, но не полностью устраняется смешивание субстрата из соседних сегментов с разными фазами, что приводит к не полной переработке субстрата и его обеззараживанию.

Нужна эффективная термоизоляция между перегородками из-за различной температуры субстрата, а также, согласно заявленному поэтапному наполнению биореактора, перегородки должны обладать достаточной прочностью, что повышает материалоемкость.

Переток субстрата из одного сегмента в другой с разными температурами будет вносить температурный градиент величиной 10°C, что негативно скажется на работе бактерий и приведет к снижению выработки биогаза.

Известна установка для анаэробной переработки органических отходов (2), содержащая анаэробный биореактор с основным нагревателем биомассы, выполненный в виде герметично закрытой емкости, разделенной с помощью вертикальных перегородок на секции, патрубки загрузки сырья и выгрузки жидкого органического удобрения, систему подачи исходного сырья, систему отвода биогаза с компрессором, систему управления технологическим процессом, выполненную в виде программируемого компьютера.

Основные недостатки данного технического решения:

биореактор разделен на три секции под углом 120°, что образует три емкости равного объема, гидролизную, ксилотоацидогенную и метаногенную, а в силу того, что скорость протекания реакций различная и соотносится ориентировочно как 1-0,3:5-1:3-1,5 и зависит от состава исходного сырья, то в установке эти значения времени брожения будут равными, что приведет либо не к полному завершению реакции на одной из стадий, не полной переработке субстрата и недополучению биогаза, либо к излишней продолжительности времени реакции в отдельной секции и снижению общей производительности установки;

перемешивание реализовано только в метаногенной секции с помощью шнека, что по сравнению с другими методами (винтом, гидравлический и др.) требует высоких затрат энергии и не обеспечивает высокой скорости движения теплоносителя вдоль теплопередающей поверхности, что со временем вызовет обрастание ее отложениями и потерей теплопроводности с увеличением расхода тепла на подогрев субстрата;

перемешивание в гидролизной и ксилотоацидогенной секциях отсутствует, что вызовет в силу слабой конвекции плохое перемешивание субстрата и его неравномерное прогревание, что, в свою очередь, снизит скорость протекания реакций и образование на теплоносущих поверхностях отложений, которые снизят теплопроводность, и со временем увеличится расход биогаза на собственные нужды, также в ксилотоацидогенной секции может образовываться корка, которая будет блокировать протекание реакции, также будет образовываться отложение ила в нижней части реактора, что вызовет необходимость его периодической чистки;

применение электродвигателя неэффективно в силу того, что электроэнергия из сети имеет высокую стоимость и при этом используется порядка 20% энергии исходного топлива;

внешний подогрев в установке имеет высокую степень излучения тепловой энергии во внешнюю среду, что приводит к большим тепловым потерям;

в изобретении присутствуют большие тепловые потери с уходящим биогазом и переработанным субстратом;

отсутствует подогрев субстрата до необходимой температуры в системе подачи исходного сырья, что будет вызывать температурный градиент при загрузке реактора и падение скорости реакции гидролиза.

Известно устройство (3), наиболее близкое по технической сущности и достигаемому результату, которое состоит из навозоприемника, анаэробного биореактора, насоса, теплообменника - конденсатора, связанных в единый циркуляционный контур, отстойника-накопителя удобрений с теплообменником -

испарителем теплового насоса. Теплообменники связаны друг с другом посредством компрессора с газомоторным приводом на биогазе с образованием термодинамического контура теплового насоса. Теплообменник-конденсатор теплового насоса выполнен в виде вертикальной трубы с полыми стенками и размещен коаксиально внутри анаэробного биореактора, теплообменник-испаритель теплового насоса выполнен в виде погружного змеевика и размещен в нижней части отстойника-накопителя удобрений. Предусмотрен как минимум один дополнительный биореактор с насосом и теплообменником, выполненный аналогично теплообменнику-конденсатору, в котором используется тепловая энергия охлаждающей жидкости и выхлопных газов газомоторного привода теплового насоса.

Основные недостатки данного технического решения:

при больших размерах биореактора использование в качестве конденсатора трубы с полыми стенками не обеспечит равномерной температуры по ее периметру и соответственно одинаковую температуру в каждой точке биореактора, что негативно скажется на процессе биохимической реакции и уменьшении выделения биогаза;

поскольку теплообменник-конденсатор в биореакторе имеет большую площадь, то гидравлическое перемешивание не обеспечит высокую скорость течения субстрата вдоль стенок теплообменника, а соответственно со временем они будут покрываться налетом и ухудшится теплообмен, что приведет к увеличению потерь тепла на подогрев;

теплосъем теплообменником-испарителем будет иметь низкую эффективность, так как он помещен в твердую фракцию, где не предусмотрено хорошего теплообмена, что приведет к слабому отбору тепла с уходящей твердой фракции, в то же время жидкая фракция будет уносить основное количество тепла и воды, что негативно скажется на эффективности установки;

в предложенной конструкции очевидна проблема поддержания стабильных параметров температуры субстрата, так как исходный навоз может иметь в зависимости от сезона температуру от -20 до $+30^{\circ}\text{C}$ и более в зависимости от климатической зоны использования, что соответственно изменит нагрузку на тепловой насос, эффективность его работы и приведет к разбалансу температур в первом и втором биореакторе относительно оптимальной, затруднительно будет поддержание номинальной температуры, что приведет к замедлению реакции и уменьшению выхода биогаза;

в конструкции не учтен факт того, что при двухфазном брожении соотношение времени первой и второй фазы соотносятся как 1:6-4 в зависимости от используемого сырья, также в первой фазе брожения проходят преимущественно процессы гидролиза и кислотообразования, при которых в основном выделяются газы H_2 , CO_2 и H_2S , которые в установке подаются в газохранилище, ухудшая тем самым параметры биогаза по проценту содержания метана;

при непрерывном цикле работы установки, особенно при интенсивном перемешивании, со второго биореактора будет поступать в отстойник не перебродивший субстрат, что вызывает проблему с неполной дегельминтизацией, а также будет неполная переработка биомассы, что снижает эффективность установки, и для использования удобрения потребуется дополнительная ее стерилизация;

высокая вероятность образования корки и отсутствие устройства для ее удаления, что снизит выделение биогаза;

наличие отстойника и двух биореакторов, один из которых работает в мезофильном режиме, определяет большие потери тепловой энергии субстрата через большую ограждающую поверхность в окружающую среду.

При анализе открытых источников заявителем не выявлены технические решения, тождественные заявленному, что позволяет сделать вывод о соответствии предлагаемого изобретения критерию "новизна".

Задачей настоящего изобретения является создание биогазовой установки с высокой эффективностью процесса производства биогаза и органического удобрения, обеспечение улучшенных потребительских свойств получаемых продуктов и их качества, снижение удельной себестоимости и сроков окупаемости биогазовой установки.

Сущность изобретения

Технические результаты предлагаемой в изобретении биогазовой установки заключаются в увеличении производительности ее работы, уменьшении габаритов установки, увеличении степени переработки субстрата, уменьшении потерь тепла и расходов первичной энергии на собственные нужды, увеличении удельного выхода биогаза и увеличении содержания в нем метана, снижении образования корки, повышении надежности работы установки, которые обеспечиваются следующей совокупностью существенных признаков:

навозоприемник имеет измельчитель поступающих субстратов и соединен с подающим устройством, предпочтительно шнекового типа, выход которого соединен с гомогенизатором, гомогенизатор расположен в едином теплоизолированном корпусе с теплообменником и накопителем готового субстрата, температура готового субстрата в накопителе, независимо от температуры исходного субстрата, поступающего в навозоприемник, задается программно контроллером и поддерживается теплообменником стабильной на уровне $\pm 52^{\circ}\text{C}$, соответствующем термофильному режиму, объем накопителя входного субстрата определяется как

$$V_H = V_{бр}/n,$$

где

V_H - объем накопителя,

$V_{бр}$ - объем биореактора,

n - количество секций биореактора;

с выхода сепаратора биоустановки на вход гомогенизатора подается сепарационная вода, содержащая остатки бактерий брожения и температурой $\pm 52^\circ\text{C}$, также на вход гомогенизатора через дозатор подаются вода и добавки в виде бактерий, микроэлементов и нормализаторы pH (мел, известь), управляемый контроллером по информации датчиков pH, eH, температуры и анализатора СВ (не показано на схеме), что обеспечивает качественную исходную подготовку сырья, первую и частично вторую фазу (гидролиз, кислотогенез) при термофильном режиме и оптимальных значениях pH, eH и температуры, что позволяет уменьшить время протекания реакции, в зависимости от сырья до 8-48 ч, при минимальном энергопотреблении, выход готового субстрата поступает в биореактор по трубопроводу для метаногенеза;

биореактор выполнен из теплоизолированного корпуса, в центре которого установлен карусельный сепаратор с возможностью вращения, разделяющий биореактор предпочтительно на пять секторов для многоступенчатого сбраживания, на стенки биореактора в каждом секторе, кроме первого, нанесено пористое или пленочное покрытие на всю высоту и по ширине на 40-80% от ширины сектора с возможностью задерживать бактерии, соответствующие стадии брожения, магистрали для подачи и удаления субстрата, подающая магистраль находится выше ватерлинии субстрата, магистраль удаления субстрата на уровне дна биореактора и обе магистрали находятся на одной вертикальной линии в первом секторе, дно биореактора имеет уклон от центра к стенкам биореактора, магистрали удаления биогаза и подачи газа в барботатор, карусельный сепаратор содержит циркуляционную колонну, вертикальные сепараторы герметично прикреплены внутренней стороной к циркуляционной колонне, а внешняя и нижняя сторона имеют эластичное окончание, плотно прилегающее к внутренней стенке и дну биореактора, создавая герметичность между секциями с возможностью свободного перемещения относительно корпуса биореактора, горизонтальные сепараторы закреплены на направляющих в каждой секции с возможностью перемещения от низа до верха, и их перемещение согласовано с наполнением/опорожнением биореактора, горизонтальные сепараторы имеют дренажные люки с возможностью их автоматического открывания, количество вертикальных и соответствующих им горизонтальных сепараторов может быть 3-8 штук, что позволяет разделить пространственно биореактор, предпочтительно на пять секций, где брожение субстрата в каждой секции происходит в оптимальном режиме, дозирующее устройство-2 с возможностью подачи корректирующих добавок в субстрат каждой секции под управлением контроллера, датчики pH, eH, температуры, что в совокупности обеспечивает минимальное время брожения, которое в зависимости от используемого сырья может составлять от 3 до 10 суток, высокую степень переработки субстрата с получением максимального выхода биогаза с высоким содержанием метана при минимальном потреблении энергии на собственные нужды;

циркуляционная колонна содержит теплообменник, в каждой ее секции содержится проточный теплообменник подогрева субстрата, как минимум один насос для гидравлического перемешивания и измельчения корки субстрата, входные и выходные окна в каждой секции, уровень ватерлинии субстрата расположен на середине входных окон, внешний кожух, секторы выполнены герметичными по отношению друг к другу, карусельные сепараторы закреплены к циркуляционной колонне, вращение циркуляционной колонны и привод насосов осуществляется через редуктор от ГПД что в совокупности позволяет поддерживать заданную температуру в биореакторе, проводить эффективное гидравлическое перемешивание субстрата, разрушать образующуюся корку, с помощью контроллера управлять оптимальным ходом реакции брожения и проводить загрузку/выгрузку биореактора;

теплонасосная установка (ТНУ) с приводом от ГПД, первый испаритель которой вмонтирован в охладитель-сепаратор биогаза, второй испаритель вмонтирован в охладитель биоудобрения, конденсатор, подключенный к тепловому узлу, контур охлаждения ГПД привода, ГПД ТНУ, ГПД когенерационной установки (не показан), газовый котел подключены на вход теплового узла, к выходу которого подключен теплообменник гомогенизатора и теплообменник циркуляционной колонны с возможностью независимой регулировки температуры в накопителе и биореакторе.

Применение ГПД для привода механизмов биоустановки с утилизацией выделяемого тепла, утилизация остаточного тепла биоудобрения и биогаза при помощи ТНУ и суммирование его в тепловом пункте с последующей раздельной передачей для подогрева субстрата в накопителе и биореакторе для поддержания строго заданного температурного режима позволяет снизить до минимума потребление биогаза на собственные нужды биоустановки, а также значительно улучшить условия протекания реакции, что увеличивает удельный выход товарного газа и содержание в нем метана.

Применение термофильного режима в сочетании с предложенными в изобретении техническими решениями позволяет уменьшить габариты биореактора и накопителя и при этом увеличить производительность установки при высокой степени переработки сырья.

Заявителем не обнаружены какие-либо источники информации, содержащие сведения о влиянии совокупно заявленных отличительных признаков на достигаемый вследствие их реализации технический

результат. Это, по мнению заявителя, свидетельствует о соответствии данного технического решения критерию "изобретательский уровень".

Сущность изобретения поясняется чертежами, где изображено:

- на фиг. 1 - биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов;
- на фиг. 2 - биореактор;
- на фиг. 3 - дно биореактора (вид сверху);
- на фиг. 4 - разрез дна биореактора;
- на фиг. 5 - циркуляционная колонна биореактора;
- на фиг. 6 - разрез циркуляционной колонны биореактора;
- на фиг. 7 - редуктор биореактора;
- на фиг. 8 - выключатель насоса биореактора;
- на фиг. 9 - теплообменник циркуляционной колонны.

На фиг. 1-9 отображены только принципиально важные функциональные элементы, касающиеся сути изобретения.

Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов (фиг. 1) содержит приемник-измельчитель 1, соединенный валом приемника измельчителя 15, подключенного к редуктору распределителю 14, приемник-измельчитель 1 соединен с подающим устройством 2, преимущественно шнекового типа, выход которого подсоединен к гомогенизатору 3, который содержит перемешивающее устройство с механическим приводом 4 от ГПД 41 через редуктор распределитель 14, ко второму входу гомогенизатора, посредством трубы подачи компонентов 27 подключен дозатор-1 23, на вход которого по через загрузочные бункеры 24, 25, 26 подаются корректирующие компоненты и вода, на вход дозатора по магистрали 22 подключен выход сепарационной воды от сепаратора 21 и конденсат от охладителя-сепаратора 19. Гомогенизатор 3, теплообменник 5 и накопитель 6 помещены в единый теплоизолированный корпус с возможностью свободного перемещения субстрата от гомогенизатора через теплообменник в накопитель, с выхода накопителя соединен подающей трубой 9 с биореактором 10, труба отвода газов 8 соединяет крышку накопителя 7 и вход барботатора 62 (фиг. 3), дозатор-2 16 содержит входы 17 для загрузки корректирующих компонентов и соединен трубами 18 с биореактором, расположенными над соответствующими секциями циркуляционной колонны, выход биореактора 41 соединен с сепаратором 21, механический привод 40 которого подключен к редуктору-распределителю 14, с выхода сепаратора 21 соединен с охладителем биоудобрения 28, с выхода которого по магистрали 31 биоудобрение выходит для дальнейшего использования. С купола биореактора 10 соединен выходной газовой магистралью с охладителем-сепаратором 19, с выхода которого биогаз уходит для дальнейшего использования 20. Биогазовая установка содержит тепловой узел 34, на вход которого подключены источники тепла от системы утилизации тепла приводов ГПД 41, ГПД ТНУ 30, ГПД или топливной ячейки для выработки электроэнергии (не показано) по магистрали охлаждения 39 когенерационной установки и газового котла 35, к выходам теплового узла раздельно по трубам 11 и 12 подключен теплообменник 5 и по трубам 44 и 46 теплообменник 58 (фиг. 4) биореактора. Первый испаритель ТНУ 30 вмонтирован в охладитель-сепаратор 19, второй теплообменник-испаритель ТНУ 30 вмонтирован в охладитель биоудобрения 28, конденсатор 32 соединен с тепловым узлом, привод ТНУ 30 осуществляется ГПД ТНУ, работающего на вырабатываемом биогазе, поступающем по магистрали подачи газа 29.

Работой биогазовой установки управляет контроллер 36, на вход которого поступают сигналы от датчиков pH, eH, температуры, расположенные в гомогенизаторе 3, накопителе 6, биореакторе 10, тепловом пункте, газовом котле 35, тепловом узле 34, ТНУ 30, ГПД 41, охладителе-сепараторе 19, охладителе биоудобрения 28, выходы контроллера подключены к газовому котлу 35, ТНУ 30, тепловому узлу 34, ГПД 41, редуктору-распределителю 14 с возможностью управления их параметрами.

Биореактор 10 биогазовой установки (фиг. 2) имеет цилиндрическую форму, в центре его установлена циркуляционная колонна 50 с возможностью вращения, к которой жестко и герметично прикреплены вертикальные сепараторы 42, преимущественно в количестве 5 штук, и на нижней и внешней стороне имеют эластичное окончание, плотно прилегающее ко дну и внешней стенке биореактора 10, сепараторы имеют гладкую, не проницаемую для жидкости структуру, к вертикальным сепараторам 42 в каждой секции закреплены горизонтальные сепараторы 45 с возможностью свободного перемещения вверх-вниз приводом 49 и взаимосвязанно с наполнением/опорожнением секции, каждый сепаратор содержит дренажные окна 47 с возможностью открытия их в нижнем положении, подающая труба субстрата 9 находится в верхней части биореактора, выше уровня субстрата, нижняя труба выхода субстрата 54 находится в нижней точке биореактора, обе трубы 9 и 54 находятся в 1-м секторе 51.1 (фиг. 3) на одной вертикальной линии, в верхней части биореактора установлен редуктор биореактора 52, выход биогаза осуществляется через трубу отвода газа 8. Дно биореактора (фиг. 3) условно разделено преимущественно на 5 секций, во 2-5 секциях 51.2-51.5 на вертикальной стене биореактора 10 от верха до уровня субстрата по вертикали и на 40-80% по ширине сектора нанесено пористое или пленочное покрытие 77 с возможностью задерживать бактерии, в 51.4 и 51.5 секциях в дно биореактора вмонтирован барботатор 85, дно биореактора имеет уклон от центра к стенкам биореактора (фиг. 7).

Циркуляционная колонна 50 (фиг. 5) имеет опорную колонну 60, которая имеет герметичность в

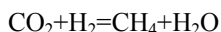
нижней части и заполнена до верха теплоносителем и в которую помещен теплообменник 58 смешительного типа с возможностью вращения относительно опорной колонны, к которой жестко соединены теплопроводящие ребра 59, перегородки и внешний кожух 50, вверху каждой секции расположены окна для забора субстрата, внизу окна для выхода субстрата 56, ниже окон забора субстрата установлены насосы 57, как минимум по одному в секцию, над каждой секцией установлен выход 18 дозатора 16 (фиг. 1). На фиг. 6 изображен разрез циркуляционной колонны А-А. Привод для вращения циркуляционной колонны и насосов осуществляется от редуктора циркуляционной колонны (фиг. 7), на опоре колонны 60 жестко закреплена шестерня червячной передачи 63, которая находится в зацеплении с червяком 64, косая шестерня 62 привода насосов посажена через подшипники 65 на опоре колонны 60 с возможностью свободного вращения, к ней жестко соединена шестерня червячной передачи 67, с которой в зацеплении находится червяк 66, с косой шестерней 62 в зацеплении находится шестерня привода насоса 68, которая передает при помощи преимущественно цепной передачи 72 вращательное движение на вал привода насоса 73, с которого через редуктор 75 вращение передается на винт насоса 76, привод червяков 64 и 66 осуществляется от редуктора-распределителя 14 (фиг. 1). Опорная колонна через герметичные подшипники 69 закреплена к перекрытию 70 биореактора 10, сверху редуктор закрыт защитным кожухом 71, в верхнюю открытую часть опорной колонны вставляется теплообменник 58, каждая шестерня привода насоса 68 (фиг. 8) содержит муфту 81 и толкатель муфты 78, который упирается в упор 79 для разъединения привода насоса. Теплообменник биореактора (фиг. 9) содержит разделитель тепловых потоков 58, сопла подачи горячего теплоносителя 82 и сопла забора охлажденного теплоносителя 83.

Работа биогазовой установки

На вход приемника-измельчителя 1 загружаются исходный субстрат в виде смеси отходов, в которой наиболее оптимально сочетаются соотношения С:N:P и влажностью от 50 до 90%, в приемнике-измельчителе 1 субстрат измельчается, что позволяет наиболее быстро проводить реакцию гидролиза, привод измельчителя 15 подключен к редуктору-распределителю 14, с выхода приемника-измельчителя субстрат подается на подающее устройство 2, преимущественно шнекового типа, где субстрат сжимается, освобождаясь от пустот, где содержится воздух и подается под давлением в гомогенизатор 3, в гомогенизатор 3 также через дозатор-1 подается сепарационная и конденсационная вода по трубопроводу 22 и через бункеры загрузки 24, 25, 26 компоненты для коррекции pH, eH и при необходимости дополнительная вода. В гомогенизаторе под управлением контроллера по показаниям датчиков pH, eH, температуры и влажности при помощи дозатора субстрат доводится до технологических параметров и тщательно перемешивается, под воздействием новой порции субстрат поднимается по трубкам теплообменника 5, где нагревается до заданной температуры $\pm 52^{\circ}\text{C}$, соответствующей термофильному режиму, и поступает в накопитель 6, где происходит первая фаза - гидролиз субстрата, а также там частично проходит вторая фаза кислотообразования, с выхода накопителя 6 гидролиз субстрата поступает по трубопроводу 9 в биореактор 10, в процессе реакции гидролиза и кислотогенеза в накопителе преимущественно образуются газы, содержащие H_2 , CO_2 и H_2S , которые подают на барботатор 85.

После первоначальной загрузки биореактора и стабилизации параметров биогазовая установка работает следующим образом: гидролизированный субстрат под управлением контроллера по трубопроводу 9 начинает добавляться в первую секцию фиг. 2, в это же время с выходной магистрали перебродивший субстрат выкачивается в сепаратор 21, причем горизонтальный сепаратор 45, изначально находившийся вверху, начинает синхронно, при помощи привода 49 и тросов 48 опускаться вниз со скоростью, равной заполнению/опустошению секции биореактора, при этом вертикальные сепараторы вращаются и, не доходя до трубы 54, перегородкой 42 перекачка субстрата прекращается, таким образом, в секции происходит замена перебродившего субстрата на свежий, при этом карусельный сепаратор, состоящий из вертикальных сепараторов 42 и циркуляционной колонны 50, производит вращение со скоростью один оборот в 3-10 суток, в зависимости от используемого входного сырья, после замены субстрата в первой секции подходит замена субстрата во второй секции, и процесс замены субстрата повторяется последовательно во всех секциях, вновь замененный субстрат находится в одной секции, постепенно проходит расстояние 4 секций, где по времени последовательно протекают реакции кислотогенеза, ацетогенеза и метаногенеза, реакции проходят без смешивания, на каждой фазе при помощи дозатора-2, по показаниям встроенных в стенку биореактора датчиков pH, eH, температуры можно корректировать условия протекания реакции. Вертикальные сепараторы 42 внутренней стороной жестко и герметично прикреплены к циркуляционной колонне 50, а нижняя и внешняя кромка сепаратора имеет эластичное окончание, что позволяет обеспечить достаточно плотное прилегание к внутренней стенке и дну биореактора 10 и при одинаковом уровне субстрата в секторах обеспечивает достаточную гидравлическую изоляцию каждой из секций, что исключает перетекание субстрата из одной секции в другую.

В 51.4 и 51.5 секции биореактора в донную часть вмонтированы трубки барботатора 85, в которые по трубе отвода газа 8 подается гидролизный газ, содержащий H_2 , CO_2 и H_2S , что позволяет благодаря биореакции



получить обогащение биогаза метаном, также прикрепленный в секторах 51.2-51.5 на внутренней стенке биореактора пористый или пленочный материал 77, расположенный по всей высоте биореактора

от дна до ватерлинии и по ширине от 40 до 80% по периметру сегмента (фиг. 3), позволяет в процессе эксплуатации впитывать бактерии в поры и при подходе нового субстрата служить источником их интенсивного размножения, что сокращает время прохождения реакций. Дно биореактора выполнено с уклоном от центра к стенкам биореактора (фиг. 4), что обеспечивает стекание осадка и вымывание его через выходную магистраль 54 в сепаратор, также благодаря эластичному окончанию вертикального сепаратора, который проходит по дну и стенкам, последний их постоянно очищает как скребок от возможных отложений, горизонтальные сепараторы 45 имеют дренажные люки, которые в нижнем положении открыты, что обеспечивает выход газов в купол биореактора, а остальное время закрыты, остаток субстрата после замены, находящийся ниже горизонтального сепаратора 45 (фиг. 4), содержит необходимые для реакции бактерии и при включении насоса разносится по объему секции, что быстро запускает процесс биореакции.

Циркуляционная колонна 50 (фиг. 5) предназначена для вращения сепараторов внутри биореактора, гидравлического перемешивания субстрата и его подогрева, субстрат через середину верхнего окна 56, попадает в область забора насоса 57, который всасывает субстрат и выдавливает его через нижнее окно 56, если в процессе биореакции будет образовываться корка, то она засосется в насос 57 и перемелется лопастями насоса 57, субстрат, проходя вдоль теплообменника, будет подогреваться, и подогретый субстрат при выходе из нижнего окна 56 будет перемешивать субстрат в секции, что обеспечивает равномерную температуру по всему объему, что обеспечит равномерность протекания биореакции, скорость вращения винта насоса находится в диапазоне 150-300 об/мин, достаточно высокая скорость движения субстрата вдоль поверхности теплообменника 59 не позволяет создавать отложения на поверхности теплообменника 59, теплообменники 59 получают тепло через стенки опорной колонны от теплоносителя, заполняющего внутреннее пространство опорной колонны 60, внутрь которой вставлен смесительный теплообменник (фиг. 9), содержащий разделитель потоков 58, между стенкой которого и стенкой опорной колонны подается горячая вода соплами 82, которая, проходя между стенками, отдает тепло теплообменникам 59, охлаждается и возвращается через обратную трубу 11, теплообменник 58 жестко закреплен к корпусу биореактора и не имеет жесткого соединения с опорной колонной 60, что позволяет ей свободно вращаться относительно теплообменника, сверху циркуляционной колонны над каждой секцией установлены выходы 18 дозатора 16, по которым при необходимости автоматически по команде контроллера на основании показаний датчиков pH и eH в каждой секции (не показаны) подаются необходимые компоненты, которые корректируют субстрат для оптимального протекания биореакции, компоненты попадают в область захода субстрата, и они перемешиваются насосом 57, через выходное окно 56 смешанные с субстратом компоненты распространяются по всему объему субстрата в секции, что обеспечивает быструю корректировку параметров биореакции в каждой фазе.

Привод вращения колонны и насосов выполнен от ГПД 41, через редуктор 14 вращается вал с посаженным на него червяком 64 (фиг. 7), который приводит в движение шестерню червячной передачи 63, жестко соединенную с опорной колонной 60, коэффициент передачи выбран таким образом, что циркуляционная колонна вращается со скоростью один оборот в 3-10 суток и может регулироваться коэффициентом передачи в зависимости от используемого сырья, скорость вращения циркуляционной колонны определяет продолжительность времени цикла полного сбраживания субстрата в биореакторе, для привода насоса используется вторая червячная пара, червяк 66 соединен с редуктором-распределителем 14, червяк 66 приводит в движение червячную шестерню 67, которая жестко соединена с цилиндрической, косой шестерней 62, которая закреплена через подшипники 65 на корпусе опорной колонны 60, с косой шестерни 65 вращающий момент передается на шестерню привода насоса 68, которая предпочтительно через цепную передачу 72 приводит во вращение вал привода насоса 73, который через редуктор привода насоса 75 вращает винт насоса 76, коэффициент передачи всех редукторов выбран таким, что винт насоса вращается в диапазоне 150-300 об/мин и определяется технологическим режимом, сверху редуктор закрыт защитным кожухом 71, опорная колонна закреплена к корпусу биореактора 70 через подшипник 69.

При опорожнении/наполнении секции работа насоса 57 останавливается путем отключения муфты 77 толкателем 78, который нажимается при входе в секцию опорожнения/наполнения об упор 79 (фиг. 8), сектор, в котором отключается работа насоса 80, больше сектора 51 разделенного сепараторами с тем, чтобы была возможность затухнуть движению субстрата.

В тепловой схеме биогазовой установки используется тепловой узел, который суммирует тепловую мощность, получаемую от системы утилизации тепла ГПД 41, ГПД ТНУ 30, по магистрали 39 от когенерационной установки (при ее наличии), от газового котла 35 и от конденсатора ТНУ 32, который охлаждает выходящий биогаз в охладителе-сепараторе, субстрат в охладителе биоудобрения, с выхода теплового узла тепловая мощность используется для подогрева входящего субстрата до технологической температуры $\pm 52^{\circ}\text{C}$, соответствующей термофильному режиму, и субстрата в биореакторе до такой же температуры, в зависимости от режима работы, наружной температуры, степени теплоизоляции биореактора и накопителя контроллером регулируется выходная температура с теплового узла, при недостаточности тепловой мощности автоматически включается газовый котел 35, а при излишке тепловая мощность может отдаваться потребителям или сбрасываться в драйкуллере (не показан). Такая реализация тепловой схемы позволяет свести до минимума потери энергии в биогазовой установке и увеличить выход товар-

ного биогаза, применение ГПД в приводе биогазовой установки и ТНУ позволяет до 90% использовать энергию биогаза, что в целом снижает удельные расходы биогаза на собственные нужды.

Контроллер биогазовой установки 36 (фиг. 1) позволяет в автоматическом режиме управлять всеми технологическими режимами.

Промышленная применимость

Таким образом, в предложенной биогазовой установке органические отходы поэтапно проходят все фазы анаэробного сбраживания (гидролиз, кислотогенез, ацетогенез и метаногенез) в оптимальных режимах, с их гидравлическим разделением.

Использование предлагаемого изобретения позволит следующее.

1. Получить биогаз в максимально возможном объеме и с максимальным процентным содержанием метана.
2. Получить качественные органические удобрения, не требующие дальнейшей стерилизации.
3. Исключить замедление или блокирование реакции брожения за счет коркообразования.
4. Получить высокую удельную производительность в расчете на объем биореактора при непрерывном процессе.
5. До минимума снизить потребление воды биогазовой установкой.
6. Снизить потребление энергии на собственные нужды (тепловая и электроэнергия) до уровня менее 10% из расчета потребления биогаза благодаря использованию ГПД и ТНУ и снизить использование воды.
7. Уменьшить время протекания биореакции, настраивать его в зависимости от используемого сырья.
8. Обеспечить высокую надежность работы биогазовой установки
9. Уменьшить габариты установки благодаря использованию термофильного режима и предложенной конструкции биогазовой установки, уменьшить занимаемую биогазовой установкой площадь земли.
10. Уменьшить сроки окупаемости биогазовой установки.

Предлагаемую биогазовую установку целесообразно строить от объема биореактора от 500 м³ на предприятиях, имеющих отходы животноводства, масложировые производства, сахарные заводы, отходы зернового производства и другие источники органического сырья.

При умеренном и прохладном климате биореактор желательно заглублять в грунт, что позволит снизить температурные колебания и уменьшить температурную разницу, что позволит дополнительно снизить расходы энергии на собственные нужды и уменьшить занимаемую площадь. Биогазовая установка может содержать от одного и больше биореакторов, объединенных в кластер, что позволит увеличить производство и уменьшить тепловые потери. При размещении в грунт наиболее предпочтительно биореактор изготавливать из бетона, остальное применяемое оборудование известно в промышленности и не вызывает проблем с использованием в предлагаемой биогазовой установке.

Список источников информации.

1. Патент РФ № 2491330 С1, 09.12.2011 г.
2. Патент РФ № 2370457 С1, 14.07.2008 г.
3. Патент РФ № 2414443 С2, 04.06.2009 г.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов, состоящая из навозоприемника, анаэробного биореактора, насоса, теплообменника-конденсатора, теплообменника-испарителя, теплообменники связаны друг с другом посредством компрессора с газомоторным приводом на биогазе с образованием термодинамического контура теплового насоса, для подогрева биореактора используется тепловая энергия охлаждающей жидкости, выхлопных газов газомоторного привода теплового насоса и тепловая энергия переработанного субстрата, отличается тем, что навозоприемник (1) имеет измельчитель поступающих субстратов, соединен с подающим устройством предпочтительно шнекового типа, выход которого соединен с гомогенизатором (3), расположенным в едином теплоизолированном корпусе с теплообменником (5) и накопителем готового субстрата (6), который трубопроводом (9) связан с биореактором (10), труба отвода газа (8) с крышки накопителя (7) соединена со входом барботатора (85) биореактора, биореактор выполнен из теплоизолированного корпуса, в центре которого установлен карусельный сепаратор с возможностью вращения, разделяющий биореактор предпочтительно на пять секторов для многоступенчатого сбраживания, магистрали для подачи (9) и удаления субстрата (54), трубы отвода биогаза (20) и подачи газа в барботатор (85), карусельный сепаратор содержит циркуляционную колонну (50), вертикальные сепараторы (42) и горизонтальные сепараторы (45), редуктор привода (52), циркуляционная колонна (50) содержит теплообменник (58), в каждой секции содержится проточный теплообменник подогрева субстрата (59), насос (57) для гидравлического перемешивания субстрата, входные и выходные окна (56) в каждом секторе, внешний кожух (50), секторы выполнены герметичными по отношению друг к другу, содержит дозирующее устройство-1 (23) и дозирующее устройство-2 (16) с возможностью подачи корректирующих добавок в субстрат под управлением контроллера (36), содержит газопоршневой двигатель (ГПД) (41) привода биогазовой установки, механически соединенный с

редуктором-распределителем (14), от которого получают привод биореактор, навозоприемник, гомогенизатор и сепаратор, содержит теплонасосную установку (ТНУ) с приводом от ГПД (30), первый испаритель которой вмонтирован в охладитель-сепаратор биогаза (19), второй испаритель вмонтирован в охладитель биоудобрения (28), конденсатор (32) подключен к тепловому узлу (34), контуры охлаждения ГПД привода (41), ГПД ТНУ (30), ГПД когенерационной установки (39), газового котла (35) подключены на вход теплового узла, к выходу подключен теплообменник (5) накопителя и теплообменник биореактора (58) с возможностью независимой регулировки теплоотдачи контроллером (36), к выходу биореактора подключен сепаратор (21), к выходу которого подключен охладитель удобрения и к нему магистраль выхода биоудобрения, к сепаратору подключена магистраль подачи сепарационной воды (22) и конденсата (43) в дозатор-1 (23), содержит контроллер управления биоустановкой (36), на входы (37) поступает информация от датчиков pH, eH, уровня, температуры (не обозначены), установленных в навозоприемнике, гомогенизаторе, накопителе, на середине стенок каждой секции биореактора, выходы контроллера соединены с тепловым узлом (34), дозаторами (23,16), ТНУ, ГПД.

2. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что температура готового субстрата в накопителе (6), независимо от температуры исходного субстрата, поступающего в навозоприемник (1), задается программно контроллером (36) и поддерживается стабильной на уровне преимущественно $\pm 52^{\circ}\text{C}$, соответствующем термофильному режиму.

3. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что объем накопителя входного субстрата определяется как

$$V_{\text{н}} = V_{\text{бр}} / n,$$

где

$V_{\text{н}}$ - объем накопителя;

$V_{\text{бр}}$ - объем биореактора;

n - количество секций биореактора.

4. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что вертикальные сепараторы герметично прикреплены внутренней стороной к циркуляционной колонне (50), а внешняя и нижняя сторона имеют эластичное окончание, плотно прилегающее к внутренней стенке и дну биореактора, создавая герметичность между секциями с возможностью свободного перемещения относительно корпуса биореактора.

5. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что горизонтальные сепараторы закреплены на направляющих в каждой секции с возможностью перемещения от низа до верха согласованно с наполнением/опорожнением биореактора и имеют по периметру эластичные уплотнения.

6. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что горизонтальные сепараторы имеют дренажные окна (47), которые автоматически закрываются в первом секторе при наполнении/опорожнении биореактора.

7. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что количество вертикальных и соответствующих им горизонтальных сепараторов может быть 3-8 штук.

8. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что в каждой секции циркуляционной колонны установлен как минимум один насос.

9. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что середина входных окон (56) находится на уровне ватерлинии субстрата.

10. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что питание топливом газопоршневого двигателя привода биореактора, теплового насоса и котла (35) осуществляется от биогаза, выработанного биоустановкой по магистрали (29).

11. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что на стенки биореактора в каждом секторе, кроме первого (81), нанесено пористое покрытие (77) на всю высоту и по ширине 40-80% ширины сектора с возможностью задерживать бактерии.

12. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что дно биореактора имеет дно с уклоном от центра к стенке биореактора.

13. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что в первой секции установлен выключатель насоса (57) гидравлического перемешивания.

14. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что скорость вращения карусельного сепаратора составляет один оборот в 3-10 суток и задается программно.

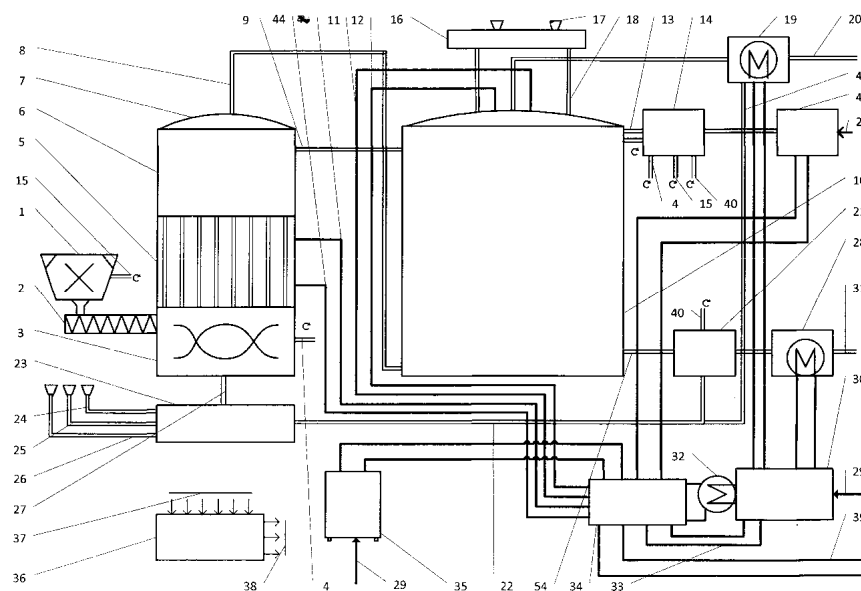
15. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что входная магистраль находится выше ватерлинии субстрата, нижняя магистраль на уровне дна биореактора и обе магистрали находятся на одной вертикальной линии в первом секторе.

16. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что в качестве охладителя-сепаратора биогаза может быть применен любой известный сепаратор

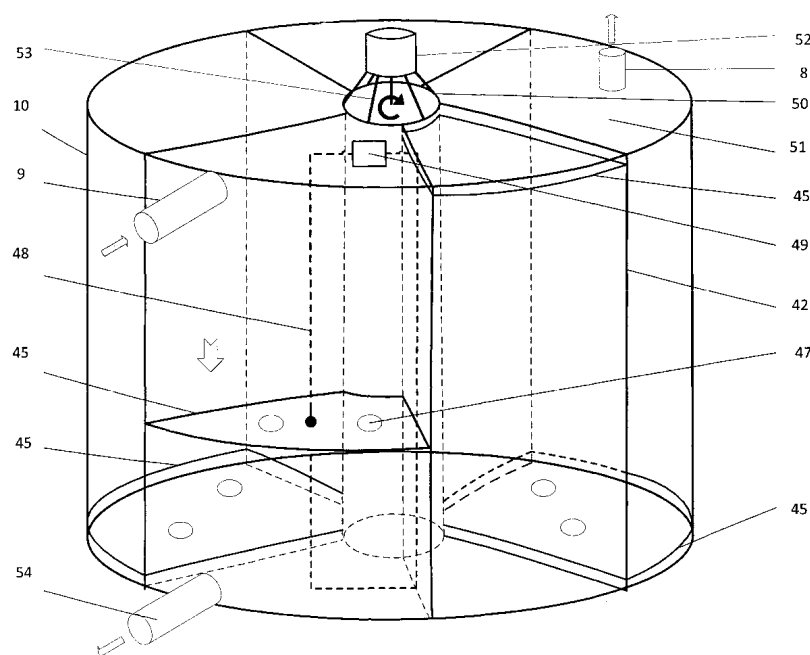
газов с охлаждением, в том числе гидратный охладитель-сепаратор.

17. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что время протекания реакции можно регулировать при помощи контроллера управления биогазовой установкой, изменяя коэффициент передачи редуктора и/или скорость вращения привода ГПД.

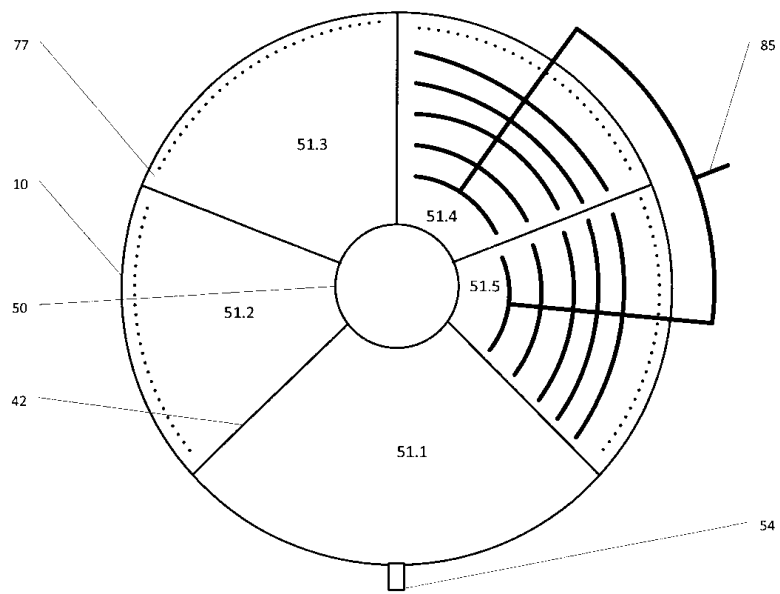
18. Биогазовая установка для анаэробной переработки органических отходов по п.1, отличающаяся тем, что биогазовая установка может содержать более одного биореактора, объединяемых в кластер.



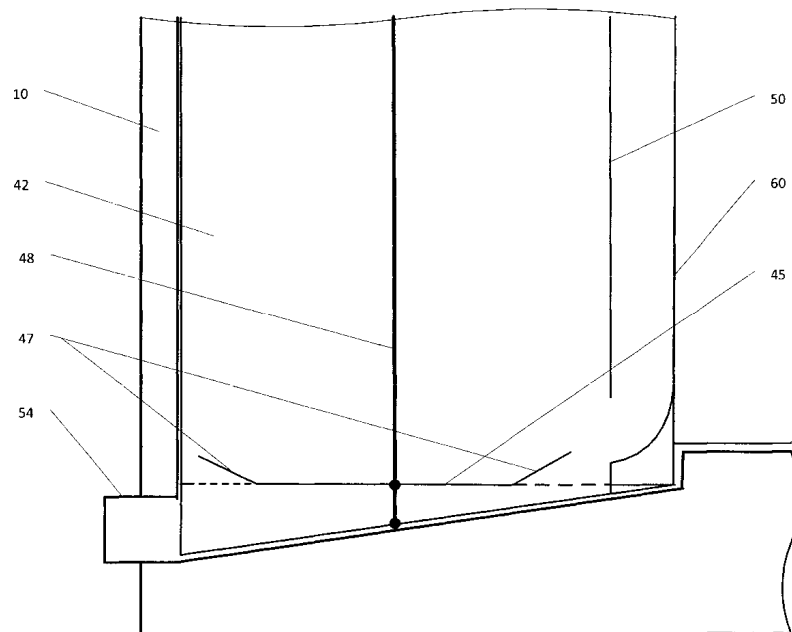
Фиг. 1



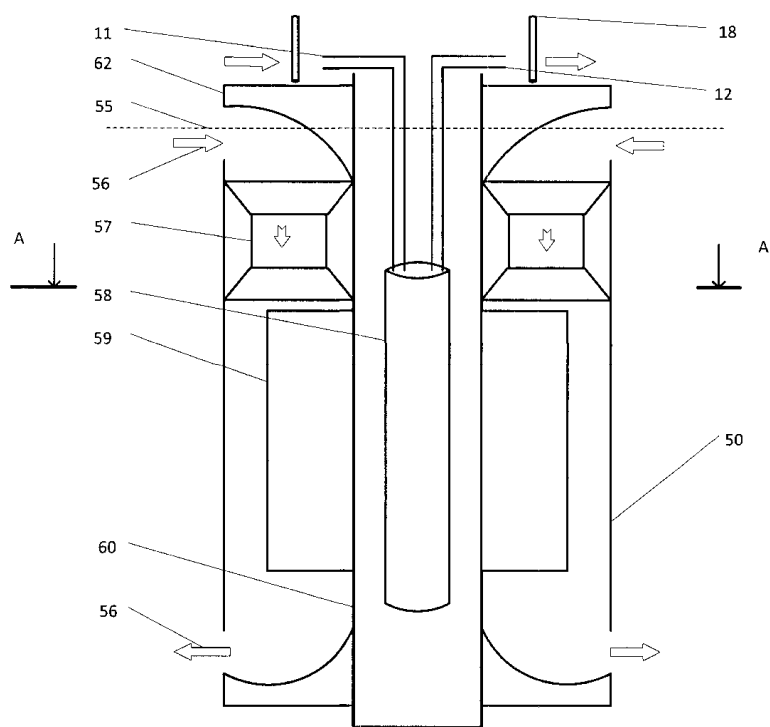
Фиг. 2



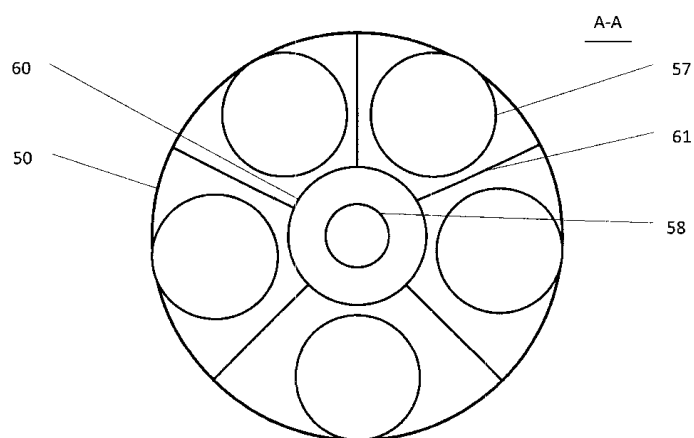
Фиг. 3



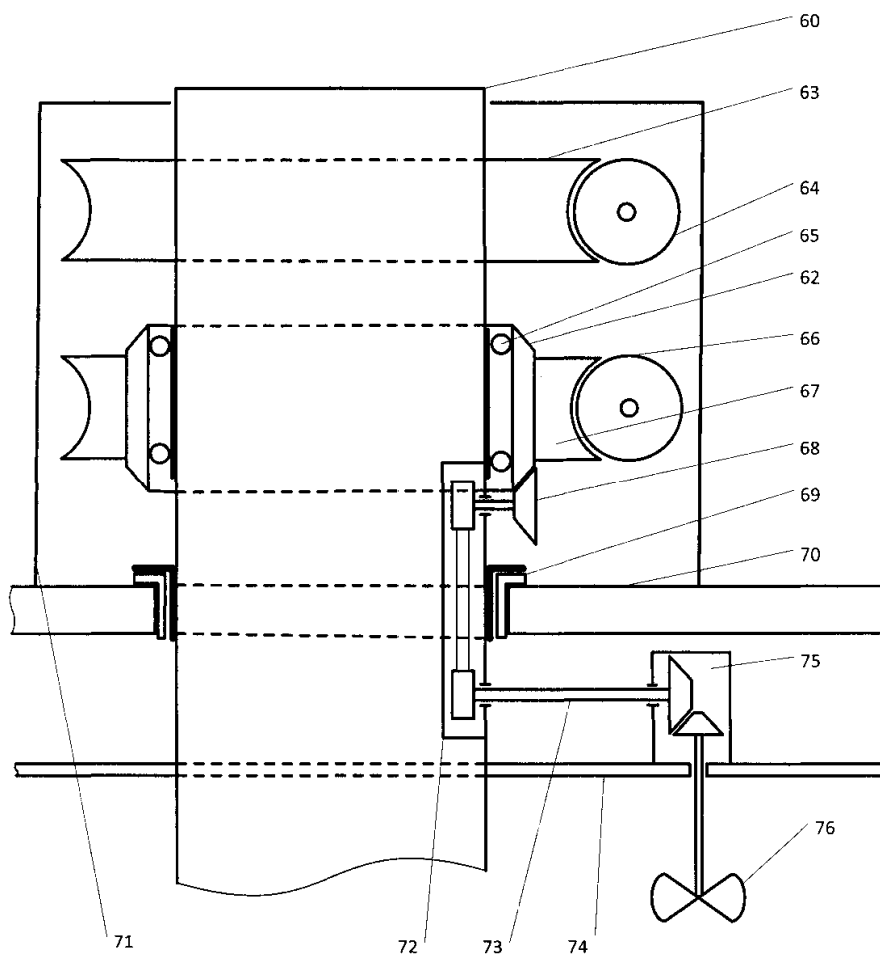
Фиг. 4



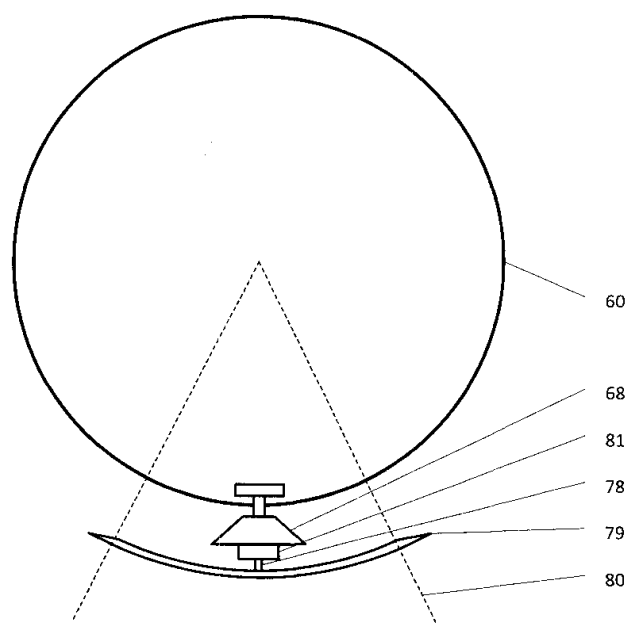
Фиг. 5



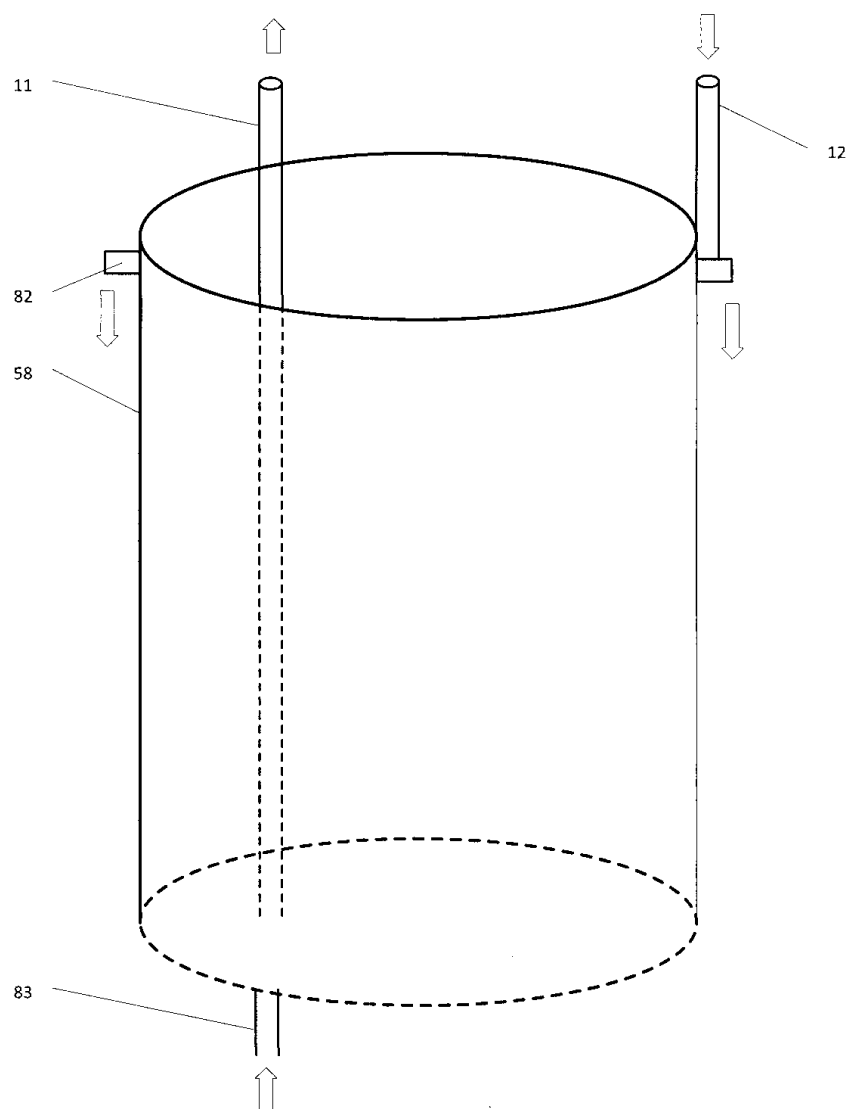
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

