

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202291749 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2022.09.26

(51) Int. Cl. *B01D 3/08* (2006.01)  
*B01F 7/00* (2006.01)  
*B01F 7/04* (2006.01)  
*F26B 11/12* (2006.01)  
*F26B 17/00* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2020.12.09

(54) СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ  
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ВЕЩЕСТВА

(31) 19214531.6

(72) Изобретатель:  
Хелленес Агнар (NO)

(32) 2019.12.09

(33) EP

(74) Представитель:  
Медведев В.Н. (RU)

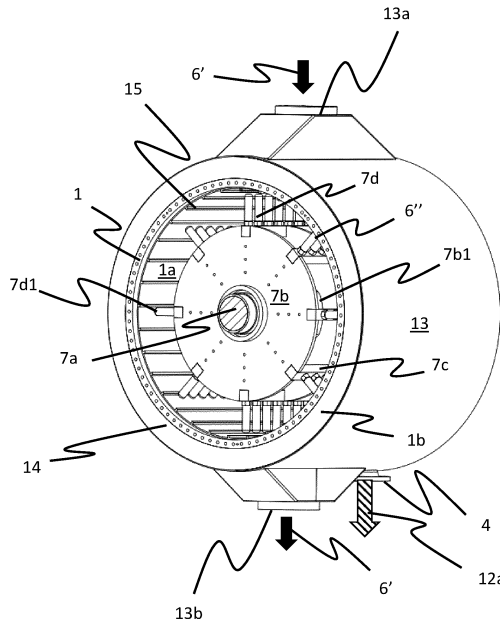
(86) PCT/EP2020/085337

(87) WO 2021/116201 2021.06.17

(71) Заявитель:

ХЕЛЛЕНЕС ХОЛДИНГ АС (NO)

(57) Изобретение относится к способу для непрерывной термической сепарации вещества, подаваемого в очистительную камеру в емкости. Помимо емкости, оборудование содержит нагревательное устройство с внешним тепловым источником и вращательный механизм с внешним вращательным приводом. Нагревательное устройство и вращательный привод взаимно управляют таким образом, что результирующая рабочая температура  $T_{op}$  получается в объеме  $V_p$  около внутренней поверхности емкости, которая равна или превышает температуру  $T_e$  испарения, по меньшей мере одной жидкости, составляющей часть вещества.



202291749 A1

202291749 A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-574614EA/072

### СПОСОБ НЕПРЕРЫВНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ВЕЩЕСТВА

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится главным образом к способу непрерывной термической сепарации многокомпонентного вещества, протекающего в очистительную камеру.

Настоящее изобретение, в частности, относится к способу, который обеспечивает использование отходного тепла в качестве фактора основной косвенной энергии для термической сепарации отходов и побочных продуктов. Сепарация включает в себе удаление текучих сред из вещества посредством нагрева.

Существующий и предшествующий уровень техники

Различные вещества, содержащие как твердый материал, так и испаряющиеся жидкости, могут сепарироваться термически посредством нагрева веществ до температур, превышающих температуры испарения жидкостей.

В результате нагрева, жидкости изменяют фазу с жидкой фазы на газовую фазу в то время, когда твердые тела высушиваются. Оборудование для таких процессов термической сепарации известно в данной области техники и обычно называется "термическими десорбционными установками" (TDU) или "сушилками". В ходе термической очистки, жидкости нормально конденсируются обратно в жидкую фазу в качестве последующего или дополнительного этапа очистки.

TDU используются для того, чтобы очищать большое число различных веществ, таких как отходы и побочные продукты из производства продуктов питания, отстой городских сточных вод, отходы из процессов очистки или бурения и различные другие вещества, содержащие одну или более испаряющихся жидкостей.

Преобладающие технологии термической сепарации, предлагаемые на рынке на рынке сегодня, могут приблизительно разделяться на две категории:

- Термическая сепарация за счет косвенного нагрева
- Термическая сепарация за счет трения

Большинство существующих TDU-технологий основано на косвенном нагреве. Внешний тепловой источник нагревает наружные стенки контейнера, и тепло передается через внутреннюю поверхность контейнера на вещество, которое должно нагреваться.

Внешний тепловой источник в принципе может представлять собой все, что допускает нагрев вещества до температуры, требуемой для того, чтобы испарять релевантные жидкости в веществе в контейнере. Наиболее распространенные источники нагрева представляют собой пар, горячую нефть, языки пламени, нагретый газ или выхлоп и электричество (кабели, элементы, индукция и т.д.).

Пример оборудования для сушки веществ с использованием косвенного способа раскрывается в публикации патента GB1575576A. Публикация, в частности, относится к

очистке смеси скважинного бурового шлама и буровых текучих сред, чтобы удалять летучие материалы из бурового шлама, и содержит нагреватель для нагрева шлама в нагревательной камере, чтобы выпаривать летучие материалы в ней. Нагрев шлама может заключать в себе внешние электрические резистивные элементы или за счет текучей среды для термопередачи, которая в свою очередь нагревается посредством снабжаемого электричеством вспомогательного теплообменника.

Другие релевантные публикации, раскрывающие релевантные косвенные решения предшествующего уровня техники для сепарации отходов, представляют собой US 5375343 А, которая раскрывает испаритель для сушки отстоя, и US 3808701 А, которая раскрывает оборудование для сушки текучих материалов.

Испаритель в US 5375343 включает в себя полый цилиндрический ротор с внешним приводом, оснащенный лопастями, которые протягиваются по существу по длине испарителя. Оборудование допускает постепенный нагрев вдоль испарителя. Дополнительно, оборудование согласно US 3808701 содержит горизонтально размещенный цилиндрический трубопровод и ротор, вращающийся внутренне в трубопроводе. Ротор поддерживает лопастевидные элементы, функционально ассоциированные с внутренней стенкой трубопровода, которые служат с возможностью вытирать, обеспечивать циркуляцию, измельчать и зачищать текучий материал.

Все существующие косвенные (непрерывные) способы должны иметь механизм внутренней транспортировки, в котором масса должна постепенно нагреваться по мере прохождения времени (и увеличения расстояния). Температура должна повышаться приблизительно до 100 градусов Цельсия, но в таком случае проходит некоторое время (и расстояние) по мере того, как вся энергия, требуемая для испарения воды, передается в отходы. Если вещество также содержит жидкости с более высокой температурой испарения, такие как нефть, то большая часть такой жидкости не должна испаряться перед последующим дополнительным нагревом вещества. В таких ситуациях, механизм внутренней транспортировки зачастую имеет длину в 10-20 метров, и может проходить вплоть до 20 минут до того, как все жидкости в отходах испаряются.

Основная сложность в существующих косвенных способах заключается в теплопередаче из внутренней поверхности контейнера и в вещество, которое должно нагреваться. С самого начала, это вещество или вещества представляют собой "увлажненное твердое тело(а)". Вода и возможно другие жидкости, такие как нефть, представляют собой интегрированные части и не являются "свободными". Это вещество затрагивается посредством силы тяжести и расположено в/около нижней зоны (т.е. дна) емкости/контейнера. По мере того, как твердые тела нагреваются, твердые тела должны высушиваться, и как следствие, интенсивность теплопередачи должна быстро уменьшаться. Хотя интенсивность теплопередачи из стали в жидкость, содержащей вещество, первоначально должна быть более высокой, теплопередача постепенно должна достигать уровня, который является равным или аналогичным теплопередаче между внутренними стенками контейнера и высушенными твердыми телами в веществе. Обычно

считается затруднительным достигать лучшей средней теплопередачи в косвенных решениях, чем приблизительно  $75 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  для типичных составов отходов бурения, т.е. нефти, воды и минеральных твердых тел. Одна сложность связана с тем фактом, что твердые тела должны наращивать изоляционный слой на нагретых поверхностях и за счет этого уменьшать эффективность теплопередачи. Для белка, содержащего твердые тела, означенное представляет собой конкретную сложность, поскольку такие твердые тела имеют свойства, на которые оказывает сильное влияние тепло, что приводит к нежелательному ухудшению характеристик потенциально ценных твердых тел.

Термическая сепарация за счет трения, с другой стороны, основана на существенно отличающемся принципе по сравнению с косвенной термической сепарации, а именно, на преобразовании кинетической энергии, извлекаемой из вращающегося привода, в тепловую энергию (тепло) посредством трения. В этих процессах за счет трения, внутренние поверхности содержащей вещество камеры не нагреваются извне. Вместо этого и в отличие от косвенных решений, вся теплопередающая поверхность, т.е. консолидированная поверхность всех высушенных частиц в отходах, укладывается полностью внутри технологической камеры. Эта консолидированная площадь поверхности является очень большой по сравнению с соответствующими теплопередающими поверхностями косвенных решений, за счет этого приводя к нерелевантности механизма внутренней транспортировки.

Решения на основе трения абсолютно зависят от вращательной энергии и в силу этого не используют избыточные тепловые источники или другие внешние косвенные тепловые источники.

Кроме того, энергетические потери в решении на основе трения нормально являются значительными. Потери приблизительно в  $2/3$  являются типичными, например, если дизельный двигатель используется для того, чтобы создавать необходимую вращательную энергию и/или электрическую мощность, исходящую из дизель-генератора.

Следующие публикации патента раскрывают релевантные примеры известных сушилок за счет трения.

US4869810(A) раскрывает способ сепарации нефти в воде и других испаряющихся жидкостях от бурового глинистого раствора, отбеливающей земли, отстоя из нефтяных резервуаров, нефтеносного сланца и т.п., причем глинистый раствор испаряется при меньшей температуре, чем при традиционном испарении, вследствие того факта, что капиллярные силы, связывающие отдельные фракции в порах глинистого раствора, уничтожаются в испарителе за счет трения.

WO02092187 (A1) раскрывает способ для сепарации нефти, воды и других компонентов, которые могут испаряться из нефтесодержащего материала посредством испарения. Испарение достигается при меньшей температуре, чем точка кипения при атмосферном давлении компонента, вследствие использования газовой фазы, устанавливаемой посредством испарения второго компонента. Также включается средство для сушки содержащего текучую среду материала, содержащее технологическую камеру и

ротор, смонтированный в упомянутой технологической камере. Ротор содержит определенное число фиксированных штанг ротора, которые не могут качаться, и внутренняя поверхность технологической камеры является гладкой.

Работа всех известных сушилок за счет трения основывается на широком использовании вращательной энергии. Следовательно, использование альтернативных источников энергии, к примеру, избыточной энергии ограничено.

Общий недостаток для любой из известных тепловых технологий (и косвенных способов и способов за счет трения) заключается в потреблении больших объемов энергии, что приводит к высоким эксплуатационным затратам и к высоким инвестиционным затратам.

По этой причине, зачастую выбираются более дешевые, менее эффективные решения, такие как закапывание или сжигание отходов. Эти более дешевые решения зачастую являются проблематичными вследствие своего вредного воздействия для окружающей среды и отходов потенциально ценных ресурсов.

С учетом вышеизложенного, цель изобретения заключается в том, чтобы предоставлять способ, который решает или, по меньшей мере, смягчает одну или более вышеуказанных проблем, связанных с использованием решений предшествующего уровня техники.

Конкретная цель изобретения заключается в том, чтобы предоставлять способ, который может использовать более компактное оборудование.

Другая цель изобретения заключается в том, чтобы предоставлять способ, который предоставляет более эффективную сепарацию многокомпонентного вещества, подаваемого в оборудование.

Еще одна другая цель изобретения заключается в том, чтобы предоставлять способ, который предоставляет более эффективное смешение многокомпонентного вещества, подаваемого в оборудование.

Еще одна другая цель изобретения заключается в том, чтобы предоставлять способ, который приводит к более предпочтительному энергопотреблению во время сушки за счет использования источника отходного тепла. Применение неиспользуемого (пролитого) отходного тепла/избыточного тепла позволяет значительно уменьшать эксплуатационные затраты.

Помимо этого или альтернативно, изобретение имеет цель предоставления способа, который обеспечивает эффективное использование других источников избыточной энергии, включающих в себя компоненты, сепарированные в процессе с теплотворной способностью, такие как нефть или высушенная биомасса. Примеры таких отходов представляют собой отходную нефть, отходные растворители, топливо от переработки отходов, ковровые и текстильные отходы, пластмассовые или смешанные пластмассовые отходы, автомобильные шредерные остатки и мясную/костную муку (МВМ).

Избыточное тепло и/или теплотворные компоненты из отходов могут использоваться для термической сепарации на площадке, например, на нефтяной буровой

платформе.

Дополнительно, избыточное тепло и/или теплотворные компоненты из отходов могут заменять другие факторы энергетического вклада частично или полностью.

Некоторые существующие решения допускают использование избыточного тепла в качестве основного источника энергии для термической сепарации. Тем не менее, эти решения имеют ограниченную теплоемкость и обязательно требуют больших нагретых поверхностей и длинных механизмов внутренней транспортировки. Следовательно, они являются большими с более высокими потерями энергии, и сравнительно большие нагретые поверхности должны защищаться/изолироваться, с тем чтобы исключить тепловые потери и снижать вредные воздействия.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение изложено и характеризуется в независимых пунктах формулы изобретения, в то время как зависимые пункты формулы изобретения описывают другие характеристики изобретения.

В одном аспекте, изобретение относится к способу тепловой, предпочтительно непрерывной сепарации вещества, протекающего в очистительную камеру посредством использования сепараторного оборудования.

Сепараторное оборудование содержит емкость, имеющую стенку емкости с внутренней поверхностью, заключающей/ограничивающей очистительную камеру с длиной  $l_c$ , высотой  $H$  и шириной  $W$ , при этом емкость содержит, по меньшей мере, одно впускное отверстие для вещества, по меньшей мере, одно первое выпускное отверстие для неиспаряющихся компонентов и, по меньшей мере, одно второе выпускное отверстие для испаряющихся компонентов, соответственно, нагревательное устройство, размещаемое за пределами очистительной камеры, например, на внешней поверхности и/или в стенке емкости, и вращательный механизм, содержащий поворотную ось, размещаемую в очистительной камере, направленную вдоль длины  $l_c$  очистительной камеры (в дальнейшем называется "направлением  $L$ "). Вращательный механизм дополнительно содержит смесительное устройство с радиальным диаметром  $d_{md}$  и осевой длиной  $l_{md}$ , прикрепленное к поворотной оси таким образом, что оно протягивается на значительное расстояние перпендикулярно направлению  $L$ , предпочтительно, по меньшей мере, на 80% от линейного расстояния между центральной осью  $C_{TC}$  очистительной камеры и внутренней стенкой, еще более предпочтительно, по меньшей мере, на 90%. Радиальная крайняя внешняя часть смесительного устройства, например, вплоть до 20% от радиальной протяженности смесительного устройства или вплоть до 10% от радиальной протяженности, может содержать наборы радиально сепарированных смесительных выступов, причем наборы аксиально смещаются относительно друг друга. Смесительные выступы обеспечивают возможность интенсивного смешения, по меньшей мере, части вещества, предпочтительно всего испаренного вещества, на внутренней поверхности.

Центральная ось  $C_{TC}$  задается как ось, ориентированная вдоль направления  $L$  и позиционированная в средней позиции в виде средней ширины  $W$  и средней высоты  $H$

очистительной камеры.

В одном варианте осуществления, смесительные выступы могут иметь форму штоков, выступающих радиально из крайней внешней границы оставшейся части смесительного устройства и распределенных с разнесениями, по меньшей мере, вдоль 80% от длины поворотной оси.

В другом варианте осуществления, выступы протягиваются непрерывно по длине смесительного устройства, параллельно поворотной оси.

Способ содержит следующие этапы (в любой последовательности):

А. нагрев внутренней поверхности посредством использования нагревательного устройства для того, чтобы передавать тепловую энергию из нагревательного устройства, через внутреннюю поверхность, посредством прямого контакта в минимальный периферийный объем  $V_p$  очистительной камеры, ограниченный между смесительным устройством (включающим в себя смесительные выступы) и внутренней поверхностью, при этом, если есть, тепловая энергия передается в паровое облако, созданное внутри (см. этап D ниже),

В. вращение вращательного механизма посредством использования вращательного привода, функционально прикрепленного к поворотной оси, до периферийной скорости  $v_p$  вращения, измеренной на радиальной внешней границе смесительного устройства (т.е. на радиальной внешней границе смесительных выступов), которая превышает минимальную периферийную скорость  $v_{p, \min}$  вращения в 5 метров в секунду,

С. подача вещества в очистительную камеру, по меньшей мере, через одно впускное отверстие для вещества с использованием подающего устройства, предпочтительно автоматического подающего устройства, при этом вещество содержит два или более компонентов, причем, по меньшей мере, один из компонентов является испаряющимся при температуре  $T_e$  испарения (например, меньше  $200^\circ\text{C}$ ), и

D. регулирование, по меньшей мере, одного из следующего:

- входная мощность нагревательного устройства, и
- поток вещества в очистительную камеру, т.е., по меньшей мере, через одно, по меньшей мере, из одного впускного отверстия для вещества,
- входная мощность вращательного привода, и
- выходной поток неиспаренной части вещества, высвобожденного, по меньшей мере, из одного первого выпускного отверстия,

- таким образом, что полная передаваемая тепловая энергия, по меньшей мере, в часть минимального периферийного объема  $V_p$  приводит к рабочей температуре  $T_{op}$ , которая превышает температуру  $T_e$  испарения в ходе работы, и при этом величина тепловой энергии, передаваемой в часть минимального периферийного объема  $V_p$  посредством нагревательного устройства, составляет более 60% от полной передаваемой тепловой энергии, предпочтительно, по меньшей мере, 65%, более предпочтительно, по меньшей мере, 70%, например, 75%.

Полная передаваемая тепловая энергия, комбинированная с интенсивным

смещением, создает паровое облако, содержащее смесь испаренной части(ей), т.е. компонента(ов) в состоянии в форме текучей среды (газа или жидкости) и неиспаренных частей, таких как сухие твердые вещества.

Результат заключается в почти мгновенном нагреве и испарении в пределах минимального периферийного объема  $V_p$ , т.е. на/в окрестности внутренней поверхности.

Крайняя внешняя радиальная часть смесительного устройства предпочтительно содержит множество радиально сепарированных смесительных выступов.

Дополнительно, множество радиально сепарированных смесительных выступов могут разделяться на один или более наборов, распределенных аксиально вдоль поворотной оси по осевой длине  $l_{md}$  смесительного устройства. Число смесительных выступов в каждом наборе задается как число аксиально ближайших смесительных выступов в полной окружности вокруг поворотной оси при просмотре вдоль направления поворотной оси в осевой позиции непосредственно перед рассматриваемым набором.

Кроме того, минимальная периферийная скорость  $v_{p, min}$  вращения вращательного механизма дополнительно задается следующим образом:

$$v_{p, min} = C(d_{md}/\#_{mp}),$$

где:

$C$  является константой, равной или выше  $12\pi$ ,

$\#_{mp}$  является числом радиально сепарированных смесительных выступов в каждом наборе, и

$d_{md}$  [М] является радиальным диаметром смесительного устройства (т.е. включающего в себя смесительные выступы).

Радиально сепарированные смесительные выступы, например, могут совмещаться с множеством осевых плоскостей, имеющих взаимные радиальные смещения, и при этом все осевые плоскости пересекают центральную ось  $C_{TC}$ .

Если смесительные выступы в каждом наборе имеют форму радиальных штоков, и эти штоки аксиально не сдвигаются существенно относительно друг друга, максимальное смещение неиспаренных и испаренных частей вещества на внутренней поверхности осуществляется в и около одной радиальной плоскости в очистительной камере. В такой конфигурации, смесительное устройство содержит множество таких радиальных дисков смесительных выступов. Если смесительные выступы имеют форму осевых штоков, составляющих радиальную крайнюю внешнюю часть смесительного устройства, только один отдельный набор может присутствовать.

В предпочтительной конфигурации, смесительные выступы каждого набора задаются в совмещении с пятью радиально сепарированными осевыми плоскостями, т.е. непосредственно позади друг друга при просмотре вдоль центральной оси  $C_{TC}$ . В конкретной конфигурации со 100 смесительных выступов в сумме по всей длине  $l_{md}$  смесительного устройства и 10 смесительных выступов в каждом наборе ( $\#_{mp}=10$ ), предусмотрено еще 9 наборов, совмещенных в радиальных плоскостях осевого смещения.

В другом примере изобретения, каждый или некоторые смесительные выступы в



каждом наборе могут сдвигаться аксиально. Следовательно, вместо наличия максимального смещения в различных радиальных плоскостях вдоль осевой длины  $l_{md}$  смесительного устройства, максимальное смещение возникает в одной или более зон прочистки вокруг периферии внутренней поверхности.

В одной версии второго примера, смесительные выступы непрерывно сдвигаются аксиально по полной осевой длине  $l_{md}$  смесительного устройства.

В конкретном варианте осуществления, входная мощность вращательного привода и/или входная мощность нагревательного устройства управляются посредством выходного потока, высвобожденного, по меньшей мере, из одного первого выпускного отверстия.

Определение минимального периферийного объема  $V_p$  должно интерпретироваться как объем между внутренней стенкой(ками) емкости и наружной частью относительно внешних границ смесительного устройства (во всех пространственных направлениях). Следовательно, пустые пространства между радиально сепарированными смесительными выступами не составляют часть минимального периферийного объема  $V_p$ . Например, если емкость представляет собой контейнер, в котором внутренняя длина  $l_c$  и внутренний диаметр  $d_c$  составляют 1 метр, и смесительное устройство, прикрепленное к поворотной оси, имеет диаметр  $d_{md}$ , который протягивается в среднем на 0,95 метра радиально и протягивается на длину  $l_{md}$  в среднем на 0,90 метра аксиально, минимальный периферийный объем  $V_p$  составляет:

$$V_p = V_{cylinder} - V_{mixing\ device} = (1/4)\pi(d_c^2 l_c - d_{md}^2 l_{md}) \approx 0,15 \text{ м}^3,$$

где  $d_c = 1$  метр,  $l_c = 1$  метр,  $d_{md} = 0,95$  метра, и  $l_{md} = 0,90$  метра.

Следовательно, в этом примере,  $V_p$  составляет приблизительно 20% от всего внутреннего объема емкости.

Посредством поддержания периферийной скорости  $v_p$  вращения равной или выше минимальной периферийной скорости  $v_{p, \min}$  вращения, как задано выше, обеспечивается то, что все или большинство внутренних поверхностей используются во время теплопередачи, поскольку эффект гравитации исключается либо в значительной степени исключается. Кроме того, внутренние поверхности поддерживаются чистыми или почти чистыми, за счет этого поддерживая теплопередачу выше, чем в существующих косвенных решениях.

Например, смесительное устройство с диаметром в 1,1 метра и наборами из восьми смесительных выступов, размещаемых в радиальной крайней внешней части (причем смесительные выступы в каждом наборе взаимно совмещаются в общих осевых плоскостях), минимальная периферийная скорость  $v_{p, \min}$  вращения смесительного устройства с использованием вышеуказанного соотношения ( $v_{p, \min} = C(d_{md}/\#_{mp})$ ) становится равной приблизительно 5 метров в секунду (м/с).

На внутренней поверхности, периферийная скорость  $v_p$  вращения формирует центробежную силу  $F_c$  для вещества. Основная формула для такой центробежной силы  $F_c$  является следующей:

$$F_c = 2m v_p^2 / d_{md},$$

где:

$m$  [кг] является затрагиваемой массой на крайнем внешнем конце смесительных выступов,

$v_p$  [м/с] является периферийной скоростью вращения, и

$d_{md}$  [м] является диаметром смесительного устройства.

Кроме того, преобладающая сила  $F_g$  тяжести в идентичной позиции является следующей:

$$F_g = mg,$$

где:

$g$  [м/с<sup>2</sup>] является гравитационной постоянной=9,8, и

$m$  [кг] является затрагиваемой массой, упомянутой выше.

Соотношение между центробежной силой  $F_c$  и силой  $F_g$  тяжести таким образом является следующим:

$$F_c / F_g = (2v_p^2) / (d_{md}g) \approx 0,2(v_p^2 / d_{md})$$

Поскольку центробежная сила  $F_c$  является пропорциональной квадрату периферийной скорости  $v_p$  вращения, скорость в 5 м/с или выше и диаметр смесительного устройства  $d_{md}$  приблизительно в 1,1 метров обеспечивает соотношение  $F_c / F_g$  приблизительно в 5, т.е. значительно выше 1.

Следовательно, чтобы исключить нежелательный эффект за счет сил тяжести во время сепарации, периферийная скорость  $v_p$  вращения может (при такой конфигурации) составлять всего 5 м/с.

Кроме того, смесительное устройство с наборами из восьми смесительных выступов для каждой радиальной плоскости/зоны прочистки ( $\#_{mp}=8$ ) и диаметром смесительного устройства в 2 метра ( $d_{md}=2$ ) приводит к минимальной периферийной скорости  $v_{p, min}$  вращения в 9,4 м/с. Аналогичный результат получается с  $\#_{mp}=13$  и  $d_{md}=3,25$  м. Следовательно, минимальная скорость, необходимая для того, чтобы исключить значительное влияние гравитации в ходе работы, может варьироваться посредством варьирования диаметра смесительного устройства ( $d_{md}$ ) либо посредством варьирования числа смесительных выступов ( $\#_{mp}$ ), либо посредством комбинации вышеозначенного.

Следует отметить, что термин "радиальный" обозначает в дальнейшем направление, перпендикулярное к направлению  $L$ .

В преимущественном режиме работы, периферийная скорость  $v_p$  вращения вращательного механизма регулируется таким образом, что часть или все любые испаренные или выпаренные компоненты/части вещества в минимальном периферийном объеме  $V_p$  (в форме парового облака) получают характеристику турбулентного потока, т.е. рисунок перемещения, характеризуемый посредством внутреннего состояния хаотических изменений давления и скорости потока (в отличие от ламинарного потока).

Присутствие таких характеристик турбулентного потока может обнаруживаться посредством измерения разности  $\Delta T$  температур между стенкой емкости и паровым

облаком. Когда значительное понижение  $\Delta T$  измеряется, и/или минимальная  $\Delta T$  обнаруживается, например, приблизительно в 50 К, объем потока текучей среды, направленный к внутренней стенке, становится высоким, что указывает рисунок турбулентной скорости.

Чтобы формировать высокую степень турбулентности в минимальном периферийном объеме  $V_p$ , периферийная скорость  $v_p$  вращения вращательного механизма может задаваться равной скорости, превышающей минимальную периферийную скорость  $v_{p, \min}$  вращения следующим образом:

$$v_{p, \min} = C(d_{md}/\#_{mp}), \text{ с } C \geq 45\pi,$$

т.е., по меньшей мере, в 3,75 раза выше критериев скорости, упомянутых выше для недопущения значительного влияния в силу гравитационных эффектов в ходе работы.

При использовании примерной конфигурации, идентичной конфигурации, описанной выше, т.е. смесительного устройства с наборами из восьми смесительных выступов, размещаемых в радиальной крайней внешней части, и смесительного устройства с диаметром  $d_{md}$  в 1,1 метра, минимальная периферийная скорость  $v_{p, \min}$  вращения смесительного устройства в этом преимущественном режиме работы составляет приблизительно 19,4 м/с.

Чтобы обеспечивать еще более высокую степень турбулентности и эффективность теплопередачи, более преимущественный режим работы имеет следующую минимальную периферийную скорость  $v_{p, \min}$  вращения:

$$v_{p, \min} = C(d_{md}/\#_{mp}),$$

где  $C \geq 60\pi$  либо, еще лучше,  $C \geq 80\pi$

В вышеуказанных примерных конфигурациях,  $v_{p, \min}$  должна составлять приблизительно 25,9 м/с или приблизительно 34,5 м/с, соответственно. Увеличенная периферийная скорость  $v_p$  вращения, вызывающая увеличенную турбулентность, приводит к требуемому повышению эффективности теплопередачи.

С использованием наборов из 24 смесительных выступов ( $\#_{mp}=24$ ) и диаметра смесительного устройства  $d_{md}$  в 1,1 м, идентичное интенсивное смешение (создающее характеристики турбулентного потока) может получаться при скоростях, превышающих 11,5 м/с. Тем не менее, поскольку более высокая скорость способствует не только увеличению числа прочисток по объему смешения, но также и более сильным столкновениям веществ ("эффекту нагнетания"), эффективность теплопередачи должна уменьшаться по сравнению с идентичным числом проходов, но с более высокой периферийной скоростью.

Следует отметить, что эти примеры предполагают наборы смесительных выступов, совмещенных в общих осевых плоскостях вдоль длины  $l_{md}$  смесительного устройства.

Другие возможные минимальные периферийные скорости  $v_{p, \min}$  вращения для этой конкретной конфигурации могут составлять выше 20 м/с, выше 25 м/с или выше 30 м/с. Конкретный пример периферийной скорости  $v_p$  вращения, которая обеспечивает интенсивное смешение относительно характеристик турбулентного потока для этой

конфигурации, может составлять 40 м/с.

Характеристика турбулентного потока должна достигаться с более низкой периферийной скоростью вращения, если твердые тела в веществе имеют низкую удельную плотность ( $SG$ ) (например, из биомассы) по сравнению с веществом, имеющим более высокую  $SG$  (например, твердыми телами в отходах бурения).

Дополнительно, если наборы смесительных выступов значительно отклоняются от осевых совмещений (т.е. пересекают общие осевые плоскости), соотношение, упомянутое выше, может корректироваться посредством коэффициента  $f_{mp}$  регулирования:

$$v_{p, \min} = f_{mp} * C(d_{md}/\#_{mp}),$$

где коэффициент  $f_{mp}$  регулирования является феноменологическим коэффициентом в зависимости от степени отклонений от осевого совмещения по длине смесительного устройства. Низкая степень осевого совмещения приводит к высокому  $f_{mp}$ . Например, при  $C=80\pi$ ,  $d_{md}=1,1$ ,  $v_{p, \min}=34,5$  м/с и  $\#_{mp}=100$  равномерно распределенных радиально и аксиально вдоль длины  $l_{md}$  смесительного устройства и с почти случайным радиальным распределением,  $f_{mp}=12,5$ .

В примерной конфигурации сепараторного оборудования, поворотная ось вращательного механизма размещается в совмещении с центральной осью  $S_{TC}$  камеры.

В другой примерной конфигурации, поворотная ось протягивается через центральную точку, по меньшей мере, одной терминальной концевой стенки емкости.

В еще одной другой примерной конфигурации, очистительная камера имеет цилиндрическую форму с радиальным диаметром  $d_c$  (или средним радиальным диаметром  $d_c$ , если не является постоянным), и при этом соотношение между длиной  $l_c$  и радиальным диаметром  $d_c$  ( $L/d_c$ ) равно или меньше 4,0, более предпочтительно, равно или меньше 2,5, еще более предпочтительно, равно или меньше 2,0, еще более предпочтительно, равно или меньше 1,5, например, равно 1.

Помимо или альтернативно вышеуказанной примерной конфигурации, смесительное устройство может размещаться и конструироваться таким образом, что оно не способствует чистой транспортировке вещества вдоль направления  $L$  из впускного отверстия в выпускные отверстия. Например, форма возмущающего средства и/или продолговатых объектов может быть такой, что нулевой или незначительный объем вещества подталкивается вдоль направления  $L$ .

В еще одной другой примерной конфигурации, смесительное устройство содержит множество вращающихся дисков, закрепленных с осевыми смещениями на поворотной оси с предпочтительной ориентацией, радиально симметричной вокруг оси вращения, и множество продолговатых объектов, взаимно соединяющих множество вращающихся дисков. По меньшей мере, один из множества вращающихся дисков может демонстрировать, по меньшей мере, одно сквозное отверстие для предоставления возможности испаренным частям вещества протекать через него в ходе работы. По меньшей мере, одно из этих сквозных отверстий может конструироваться радиально симметрично вокруг оси вращения. Кроме того, по меньшей мере, одно сквозное

отверстие может размещаться в радиальной половине каждого из вращающихся дисков, расположенных ближе всего к поворотной оси. В этой конкретной конфигурации, максимальный периферийный объем может задаваться как объем между внутренней стенкой емкости и внешними границами вращающихся дисков.

В еще одной другой примерной конфигурации, вращающийся диск, расположенный ближе всего к терминальному концу емкости с впускным отверстием для вещества (т.е. на противоположном конце второго выпускного отверстия 5), является компактным, т.е. вообще без сквозных отверстий, в то время как оставшиеся диски демонстрируют такие отверстия. В силу этого обеспечивается то, что неиспаренные части, такие как сухое вещество в очистительной камере, которые присутствуют на внутренней поверхности вследствие центробежной силы, не направляются в смесительное устройство, т.е. в секции камеры, в которых газ или газообразные компоненты должны составлять наиболее доминирующую фракцию вещества. Следовательно, если вращающийся диск на терминальном конце не является замкнутым, имеется вероятность того, что неиспаренные части должны направляться через отверстия диска и в поток испаренных частей вещества около поворотной оси. Такой поток неиспаренных частей увеличивает риск нежелательного высвобождения неиспаренных частей из второго выпускного отверстия.

В еще одной другой примерной конфигурации, емкость дополнительно может содержать множество внутренних ребер, размещаемых, по меньшей мере, на части внутренней поверхности, за счет этого увеличивая площадь поверхности очистительной камеры, а также увеличивая формирование турбулентности вещества в минимальном периферийном объеме  $V_p$ . Каждое из внутренних ребер выступает радиально в очистительную камеру. Множество ребер предпочтительно распределяются со смещениями вокруг периферии внутренней поверхности, в частности, на внутренней стенке, ориентированной вдоль направления L. Тем не менее, каждое из множества ребер также может размещаться вдоль периферии внутренней поверхности, перпендикулярной направлению L, и распределяться со смещениями вдоль направления L.

В еще одной другой примерной конфигурации, нагревательное устройство содержит оболочку, размещаемую вокруг емкости таким образом, что пустота создается между внешней поверхностью стенки емкости и внутренней поверхностью оболочки. Оболочка содержит впускное отверстие для тепла для подачи нагретой текучей среды в пустоту для целей передачи тепла в очистительную камеру через стенку емкости и выпускное отверстие для тепла для высвобождения охлажденной текучей среды из пустоты. По меньшей мере, часть пустоты также может содержать множество выступающих элементов, таких как заусенцы, за счет этого увеличивая площадь поверхности наружной стенки, заставляя тепло более эффективно передаваться в стенку емкости. Выступающие элементы/заусенцы прикрепляются к внешней поверхности стенки емкости и возможно также к внутренней поверхности(ям) оболочки. Дополнительно, заусенцы могут протягиваться в направлении L.

Нагретая текучая среда, проходящая через пустоту через впускное отверстие для

тепла и выпускное отверстие для тепла, может представлять собой, по меньшей мере, одно из пара, горячего пара, расплавленных веществ, нагретой жидкости или выхлопа из механизма, турбины или установки для сжигания отходов.

Альтернативно или помимо этого, нагревательное устройство может содержать, по меньшей мере, один нагревательный элемент, например, по меньшей мере, один электрический нагревательный элемент, размещаемый в стенке емкости, например, в форме нагревательных штоков, вставленных в каналы, протягивающиеся вдоль направления  $L$ . Такие нагревательные штоки могут распределяться со смещениями вокруг периферии емкости.

Альтернативно или помимо этого, нагревательное устройство может содержать электрическую нагревательную систему, микроволновую нагревательную систему и/или индукционную нагревательную систему, размещаемую вокруг внешней поверхности емкости.

Сепараторное оборудование дополнительно может содержать подающее устройство для подачи потока вещества в очистительную камеру в потоке  $S_i$ , скруббер для удаления точных твердых тел из испаренных частей вещества, высвобожденного из второго выпускного отверстия в ходе работы, и выпускную систему для твердых тел для высвобождения и сбора неиспаренных частей, высвобожденных из первого выпускного отверстия в ходе работы.

Поток  $S_i$  может измеряться в качестве массового расхода в кг/час в случае усреднения за соответствующий период, например, 1 мин. или 10 мин., или 30 мин., или 1 час, или 3 часа.

Со ссылкой на этап D, входная мощность в нагревательное устройство и/или входная мощность во вращательный привод могут задаваться равными постоянным уровням, и при этом поток  $S_i$  регулируется таким образом, что рабочая температура  $T_{op}$ , по меньшей мере, в части минимального периферийного объема  $V_p$  достигается и поддерживается.

Альтернативно, поток  $S_i$  может задаваться равным постоянной скорости, в то время как входная мощность в нагревательное устройство и/или входная мощность во вращательный привод регулируются таким образом, что рабочая температура  $T_{op}$ , по меньшей мере, в части минимального периферийного объема  $V_p$  достигается и поддерживается.

В еще одной другой примерной конфигурации, сепараторное оборудование дополнительно содержит температурный датчик, размещаемый таким образом, что температура внутри и/или в очистительной камере может прямо или косвенно измеряться, и систему управления, поддерживающую обмен сигналами с температурным датчиком, подающим устройством, нагревательным устройством и/или вращательным приводом. Упомянутая температура, например, может измеряться в любом месте на внутренней поверхности очистительной камеры и/или во втором выпускном отверстии, и/или в первом выпускном отверстии, и/или в стенке емкости, и/или на внешней поверхности

стенки емкости. Измеренная температура внутри или в очистительной камере в данном документе задается как температура вещества.

Система управления выполнена с возможностью автоматически регулировать, по меньшей мере, одно из потока  $S_i$ , входной мощности в устройство тепла и входной мощности в электромотор вращательного привода на основе измеренной температурным датчиком температуры вещества. Измерения температуры могут выполняться с определенными временными интервалами либо непрерывно, либо как комбинация вышеозначенного. Местоположение таких измерений может располагаться внутри, в или рядом с очистительной камерой, например, в/около первого вывода и/или в/около ввода вещества.

Например, этап D может включать в себя следующие частичные этапы:

- измерение температуры вещества посредством использования температурного датчика,
- передача температуры вещества в систему управления, которая снова вычисляет новый поток  $S_n$  в качестве функции от температуры вещества, и
- регулирование потока  $S_i$  до нового потока  $S_n$  посредством передачи сигнала в подающее устройство.

Эти частичные этапы типично выполняются при поддержании входной мощности нагревательного устройства и входной мощности вращательного привода как постоянных или почти постоянных заданных рабочих параметров.

В случаях, если тепловая энергия извлекается из избыточного источника, настоящее изобретение может обеспечивать замену или уменьшение других подводов энергии, таких как электрическая мощность, и за счет этого значительно уменьшать общие затраты на и/или потребление энергии и/или приводить к существенному уменьшению выбросов эквивалентов CO<sub>2</sub>.

В другом аспекте, изобретение относится к сепараторному оборудованию, подходящему для непрерывной термической сепарации вещества, подаваемого в очистительную камеру. Вещество содержит два или более компонентов, причем, по меньшей мере, один из компонентов является испаряющимся при температуре  $T_e$  испарения.

Сепараторное оборудование содержит емкость, содержащую стенку емкости с внутренней поверхностью, заключающей/ограничивающей очистительную камеру, имеющую длину  $l_c$  и высоту  $H$ , и внешней поверхностью. Следует отметить, что длина  $l_c$  и высота  $H$  задаются как средняя длина  $l_c$  и средняя высота  $H$  для протяженности камеры, перпендикулярной  $k$  и проходящей вдоль направления длины камеры, соответственно.

Емкость дополнительно содержит впускное отверстие для вещества для подачи вещества в очистительную камеру, первое выпускное отверстие для высвобождения неиспаренных частей вещества, таких как твердотельные частицы, из очистительной камеры, второе выпускное отверстие для высвобождения испаренных частей вещества, таких как газ и/или пар, из очистительной камеры и вращательный механизм.

Вращательный механизм включает в себя поворотную ось, размещаемую, по меньшей мере, частично в очистительной камере вдоль длины  $l_c$  очистительной камеры (в дальнейшем сокращенно в "направлении L"), и смесительное устройство, прикрепленное к и протягивающееся перпендикулярно относительно поворотной оси. Упомянутая поворотная ось предпочтительно размещается в совмещении с центральной осью  $C_{TC}$  (в средней позиции высоты  $H$  и ширины  $W$ ) очистительной камеры вдоль направления L. Кроме того, упомянутая поворотная ось предпочтительно протягивается через центральную точку, по меньшей мере, одного из терминального конца емкости вдоль направления L, причем, по меньшей мере, один из концов поворотной оси расположен за пределами внешней поверхности емкости.

Сепараторное оборудование дополнительно содержит вращательный привод, функционально соединенный с или около конца поворотной оси, и нагревательное устройство, размещаемое за пределами очистительной камеры и внутренней поверхности, например, на внешней поверхности и/или в стенке емкости. Нагревательное устройство выполнено с возможностью передавать тепловую энергию через внутреннюю поверхность в минимальный периферийный объем  $V_p$  в очистительной камере.

Определение минимального периферийного объема  $V_p$  является идентичным определению первого аспекта.

Вращательный привод может представлять собой, по меньшей мере, одно из электромотора, двигателя внутреннего сгорания и турбины.

Смесительное устройство содержит множество вращающихся дисков, закрепленных с осевыми смещениями на поворотной оси с предпочтительной ориентацией, радиально симметричной вокруг оси вращения, и множество продолговатых объектов, взаимно соединяющих множество вращающихся дисков.

Нагревательное устройство и вращательный привод имеют такую конфигурацию, в которой, когда как нагревательное устройство, так и вращательный привод работают с соответствующими входными рабочими мощностями  $P_{hd}$  и  $P_{rm}$ , получается результирующая рабочая температура  $T_{op}$ , по меньшей мере, в части минимального периферийного объема  $V_p$ , предпочтительно, во всем минимальном периферийном объеме  $V_p$ , которая равна или превышает температуру  $T_e$  испарения.

При этой конкретной конфигурации, сепараторное оборудование обеспечивает испарение компонентов, испаряющихся при  $T_e$ , в паровое облако, имеющее интенсивность теплопередачи, значительно превышающую среднюю интенсивность теплопередачи вещества, первоначально подаваемого в очистительную камеру.

Кроме того, можно предусматривать, что поворотная ось также может соединяться более чем с одним блоком вращающегося привода, например, с двумя электромоторами, с электромотором и двигателем внутреннего сгорания и т.д.

Смесительное устройство дополнительно может содержать множество радиально выступающих элементов, распределенных со смещениями вдоль направления L. Термин "радиально выступающие элементы" в данном документе задается как элементы,



предпочтительно продолговатые элементы, такие как штоки, ориентированные со значительным радиальным компонентом. Радиальный компонент предпочтительно составляет более 50% от общей длины элемента, например, 100%.

Множество радиально выступающих элементов, таких как штоки, могут соединяться с множеством продолговатых объектов, наиболее предпочтительно, соединяться с возможностью замены, например, посредством использования резьбы.

Дополнительно, множество радиально выступающих элементов могут размещаться радиально симметрично вокруг поворотной оси.

По меньшей мере, один из множества радиально выступающих элементов может содержать возмущающее средство или конструкцию в/около конца, ближайшего к внутренней поверхности, которая конструируется с возможностью повышать скорость смешения вещества. Возмущающее средство, например, может принимать форму острых краев, дисков, молоткообразную форму, форму крыла и т.д. По меньшей мере, последние две примерных формы должны ориентироваться с головным или передним краем, указывающим в направлении вращения вращательного механизма.

В предпочтительном примере, вращательный привод выполнен с возможностью формировать периферийную скорость вращения, которая превышает 5 метров в секунду, более предпочтительно равна или выше 20 метров в секунду. Периферийная скорость вращения измеряется на внешней, предпочтительно крайней внешней радиальной границе смесительного устройства. Следовательно, если смесительное устройство содержит радиально выступающие элементы, крайняя внешняя радиальная граница может представлять собой возмущающее средство. Альтернативно или помимо этого, такая граница может представлять собой продолговатые объекты смесительного устройства.

При периферийной скорости вращения в 20 метров в секунду или выше, характеристика турбулентного потока создается, по меньшей мере, для части вещества в минимальном периферийном объеме  $V_p$ . Если задача состоит в том, чтобы создавать характеристику турбулентного потока, основная цель смесительного устройства состоит не в том, чтобы преобразовывать кинетическую энергию в тепло при трении, а в том, чтобы достигать и поддерживать турбулентное паровое облако в очистительной камере и (одновременно) обеспечивать непрерывную теплопередачу из парового облака и на входящее вещество посредством перемешивания вещества в очистительной камере таким образом, что твердые тела, содержащиеся во входящем веществе, непрерывно суспендируют в сформированном паровом облаке.

Нагревательное устройство может быть выполнено с возможностью предоставлять, по меньшей мере, 60% от полной тепловой энергии, требуемой для того, чтобы достигать и поддерживать рабочую температуру  $T_{op}$ , по меньшей мере, в часть минимального периферийного объема  $V_p$ , более предпочтительно, по меньшей мере, 65%, еще более предпочтительно, по меньшей мере, 70%, например, 75%. Оставшаяся часть полной тепловой энергии в силу этого формируется посредством вращательного перемещения вращательного механизма.

В одной примерной конфигурации сепараторного оборудования, очистительная камера имеет цилиндрическую форму с радиальным диаметром  $d_c$  (или средним радиальным диаметром  $d_c$ , если не является постоянным), и при этом соотношение между длиной  $l_c$  и радиальным диаметром  $d_c$  ( $l_c/d_c$ ) равно или меньше 4,0, еще более предпочтительно, равно или меньше 2,5, еще более предпочтительно, равно или меньше 2,0, еще более предпочтительно, равно или меньше 1,5, например, равно 1. Эта конфигурация считается преимущественной вследствие сокращенных затрат и более высокой компактности, и поскольку сепараторное оборудование предоставляет возможность мгновенного или почти мгновенного нагрева и испарения в минимальном периферийном объеме  $V_p$  (и в силу этого также испарения), нет необходимости в превышении определенной длины камеры для того, чтобы завершать процесс сепарации.

Помимо или альтернативно вышеуказанной примерной конфигурации, смесительное устройство может размещаться и конструироваться таким образом, что оно не способствует чистой транспортировке вещества вдоль направления  $L$  из впускного отверстия в выпускные отверстия. Например, форма возмущающего средства и/или продолговатых объектов может быть такой, что нулевой или незначительный объем вещества подталкивается вдоль направления  $L$ .

В другой примерной конфигурации, по меньшей мере, один из множества вращающихся дисков демонстрирует, по меньшей мере, одно сквозное отверстие для предоставления возможности испаренным частям вещества протекать в ходе работы. По меньшей мере, одно из этих сквозных отверстий может конструироваться радиально симметрично вокруг оси вращения. Кроме того, по меньшей мере, одно сквозное отверстие может размещаться в радиальной половине каждого из вращающихся дисков, расположенных ближе всего к поворотной оси.

В конкретной конфигурации, вращающийся диск, расположенный ближе всего к терминальному концу емкости с впускным отверстием для вещества, является компактным, т.е. вообще без сквозных отверстий, в то время как оставшиеся диски демонстрируют такие отверстия. В силу этого обеспечивается то, что нулевому или незначительному объему неиспаренных частей вещества разрешается вытекать из емкости во втором выпускном отверстии.

Емкость дополнительно может содержать множество внутренних ребер, размещаемых, по меньшей мере, на части внутренней поверхности, за счет этого увеличивая площадь поверхности очистительной камеры, а также увеличивая формирование турбулентности вещества в минимальном периферийном объеме  $V_p$ . Каждое из внутренних ребер выступает радиально в очистительную камеру. Множество ребер предпочтительно распределяются со смещениями вокруг периферии внутренней поверхности, в частности, на внутренней стенке, ориентированной вдоль направления  $L$ .

В еще одной другой примерной конфигурации, нагревательное устройство дополнительно содержит оболочку, размещаемую вокруг емкости таким образом, что пустота создается между внешней поверхностью стенки емкости и внутренней

поверхностью оболочки. Оболочка содержит впускное отверстие для тепла и выпускное отверстие для тепла для подачи нагретой текучей среды в пустоту и высвобождения нагретой текучей среды из пустоты, соответственно. По меньшей мере, часть пустоты также может содержать множество внешних заусенцев, протягивающихся в направлении, перпендикулярном к направлению  $L$ , за счет этого увеличивая площадь поверхности наружной стенки, заставляя тепло более эффективно передаваться в стенку емкости. Внешние ребра могут прикрепляться к внешней поверхности стенки емкости и/или на внутренней поверхности(ях) оболочки.

Нагретая текучая среда, проходящая через пустоту через впускное отверстие для тепла и выпускное отверстие для тепла, может представлять собой, по меньшей мере, одно из пара, горячего пара, расплавленных веществ, нагретой жидкости, избыточного выхлопа из генератора и избыточного выхлопа из механизма, турбины и/или установки для сжигания отходов.

Альтернативно или помимо этого, нагревательное устройство может содержать, по меньшей мере, один нагревательный элемент, например, по меньшей мере, один электрический нагревательный элемент, размещаемый в стенке емкости, например, в форме нагревательных штоков, вставленных в нагревательные каналы, протягивающиеся вдоль направления  $L$ . Такие нагревательные штоки могут распределяться со смещениями вокруг периферии емкости.

Альтернативно или помимо этого, нагревательное устройство может содержать электрический нагревательный элемент, микроволновый нагреватель и/или индукционный нагреватель, размещаемый вокруг внешней поверхности емкости.

Сепараторное оборудование дополнительно может содержать подающее устройство для подачи потока вещества в очистительную камеру в потоке  $S_i$ , скруббер для вычищения испаренных частей вещества, высвобожденного из второго выпускного отверстия в ходе работы и выпускной резервуар для твердых тел для сбора неиспаренных частей, высвобожденных из первого выпускного отверстия в ходе работы.

Поток  $S_i$  может измеряться в качестве расхода в кг/ч в случае усреднения за соответствующий период, например, 1 мин. или 10 мин., или 30 мин., или 1 час, или 3 часа.

В случаях, если тепловая энергия извлекается из избыточного источника, настоящее изобретение может обеспечивать замену других подводов энергии и за счет этого значительно уменьшать эксплуатационные затраты на энергию и/или приводить к существенному уменьшению выбросов эквивалентов  $CO_2$ .

Концептуальная идея изобретения состоит в том, чтобы создавать достаточную теплопередачу из внешнего теплового источника и на вещество, которое должно испаряться внутри замкнутой емкости таким образом, что испарение осуществляется мгновенно или почти мгновенно. Это отличается от традиционного косвенного способа, в котором испарение осуществляется более постепенно.

В такой момент или практически в такой момент, испарение достигается

посредством изобретаемого сепараторного оборудования, поскольку тепло из внешнего теплового источника передается главным образом не в твердые тела в веществе (например, в отходы), а вместо этого в "паровое облако", содержащее испаренные жидкости и (уже) высушенные твердые частицы. Если вещество, нагнетаемое в емкость, содержит воду, "паровое облако" типично содержит большое количество пара.

Тепло затем передается из этого нагретого парового облака на входящее вещество при смешении посредством смесительного устройства. Чтобы обеспечивать высокую теплопередачу, это смешение преимущественно должно быть очень интенсивным и выполняться вплоть до точки, в которой компоненты, составляющие паровое облако, подвергаются характеристикам турбулентного потока, т.е. высоким внутренним скоростям с быстрыми ускорениями/изменением направлений.

Как упомянуто выше, интенсивное смешение/турбулентность достигается посредством вставки вращательного механизма в очистительную камеру. Одна цель вращательного механизма состоит в том, чтобы обеспечивать оптимальное смешение и создавать, вместе с вышеуказанной нагревательной системой, паровое облако, с тем чтобы обеспечивать оптимальный теплообмен из стенки емкости и на различные компоненты парового облака. Следовательно, в этот момент или практически в этот момент, испарение испаряющихся компонентов в веществе достигается.

Как следствие, по меньшей мере, в одном предпочтительном варианте осуществления, емкость содержит, в любой момент времени в ходе работы, паровое облако с оптимальными возможностями теплопередачи из внутренних стенок и дополнительно на входящее вещество.

Хотя твердотельные частицы принудительно подаются к периферии емкости (т.е. в вышеуказанном минимальном периферийном объеме  $V_p$ ) вследствие центробежных сил, непрерывное испарение испаряющихся компонентов, таких как вода, создает большие внутренние силы во всех внутренних направлениях, в силу этого обеспечивая высокий процент испаренных жидкостей также при  $V_p$ .

Посредством создания и поддержания интенсивного смешения/турбулентности против внутренних стенок емкости, внутренние поверхности поддерживаются чистыми. Этот процесс очистки дополнительно способствует цели достижения непрерывных оптимальных возможностей теплопередачи в ходе работы. Вследствие смешения, твердотельные частицы не должны иметь возможность наращивать слой на внутренних поверхностях, поскольку эти поверхности непрерывно "моются" посредством парового облака, содержащего как испаренные жидкости, так и твердотельные частицы. Интенсивное смешение также уравнивает гравитационные силы, дополнительно обеспечивая то, что вся внутренняя поверхность(и) может использоваться для передачи тепла.

Как следствие мгновенного испарения и интенсивного смешения/турбулентности, сепараторное оборудование может работать непрерывно без механизма внутренней транспортировки, постепенно нагревающего вещество.

Согласно одному примерному варианту осуществления изобретения, емкость может размещаться в практически горизонтальной позиции. Тем не менее, специалисты в данной области техники должны знать то, что емкость также может размещаться в практически вертикальной позиции или в любой позиции между практически горизонтальной и практически вертикальной позицией.

Комбинация нагревательного устройства и вращательного механизма устанавливает термическую десорбционную установку, которая должна обеспечивать значительно более эффективную теплопередачу, чем известные косвенные тепловые решения. Смесительное устройство, через вращение, должно рассеивать и взбалтывать вещество, за счет этого предоставляя "эффект парового облака" в очистительной камере.

Интенсивное смешение "парового облака" в очистительной камере должно приводить к тому, что главным образом пар и другие испаренные жидкости, а также твердые тела и частицы отходов должны приводиться в контакт с внутренними поверхностями очистительной камеры в течение очень короткого периода времени, после чего пар и частицы перемещаются из контакта с внутренней поверхностью и заменяются посредством другого и нового пара и частиц непрерывно.

По меньшей мере, в одном варианте осуществления изобретения, теплопередача из внутренних поверхностей очистительной камеры осуществляется следующим образом:

- Смесительное устройство создает интенсивное смешение (предпочтительно турбулентность) в компонентах вещества, присутствующих в очистительной камере, за счет этого предоставляя (в дополнение к нагревательному устройству) паровое облако. Паровое облако может содержать пар (например, водяной пар и пар из других выпаренных жидкостей, таких как нефть) и твердые тела/частицы.

- Это интенсивное смешение против внутренних поверхностей предоставляет высокую теплопередачу из внутренних поверхностей и в паровое облако.

- Тепло (тепловая энергия), которым обмениваются из внутренних поверхностей очистительной камеры, должно сразу или почти сразу распределяться во все паровое облако вследствие интенсивного смешения.

Как упомянуто выше, интенсивное смешение, в комбинации с твердыми телами и частицами в паровом облаке, должно поддерживать поверхности нагрева чистыми в любой момент времени, за счет этого улучшая теплопередачу из внутренних поверхностей очистительной камеры и в паровое облако. Сильное перемешивание парового облака должно обеспечивать то, что все или почти все вещество, присутствующее в очистительной камере, содержит высушенные твердые тела и пар, имеющий почти идентичный состав (т.е. соотношение между различными компонентами) и температуру.

Кроме того, внутренняя поверхность, по меньшей мере, вдоль направления L нагревается и находится в контакте с паровым облаком. Следовательно, необходимо исключать то, что только зона дна емкости является активной при передаче тепла в вещество, как в случае других известных косвенных способов. Большая эффективная нагреваемая поверхность в силу этого получается по сравнению с решениями

предшествующего уровня техники, поскольку тепло должно передаваться в паровое облако, и поскольку паровое облако вследствие смешения должно находиться в контакте с полной нагреваемой поверхностью очистительной камеры.

Очистительная камера может задаваться при атмосферном давлении. Альтернативно, давление очистительной камеры может быть ниже атмосферного давления, например, быть равным давлению в или ниже 0,3 бар.

#### Краткое описание чертежей

Нижеприведенные чертежи добавляются для того, чтобы упростить понимание изобретения. Чертежи показывают варианты осуществления изобретения, которое описывается ниже только в качестве примера, при этом:

Фиг. 1 является схематичным видом сбоку сепараторного оборудования согласно изобретению.

Фиг. 2 является схематичным видом сбоку сепараторного узла согласно изобретению.

Фиг. 3 является видом в перспективе сбоку в сечении первого варианта осуществления сепараторного оборудования согласно изобретению.

Фиг. 4 является видом в перспективе сбоку в сечении сепараторного оборудования по фиг. 3, в котором внутренние ребра размещаются на внутренней поверхности емкости.

Фиг. 5 является видом в перспективе спереди в сечении сепараторного оборудования по фиг. 3, в котором плоскость сечения расположена дальше в емкости оборудования.

Фиг. 6 является видом в перспективе сбоку в сечении периферийной части сепараторного оборудования, показанного на фиг. 3, в котором один радиально выступающий элемент показывается подробнее на отдельном чертеже.

Фиг. 7 является видом в перспективе сбоку сепараторного оборудования по фиг. 3-5.

Фиг. 8 является видом в перспективе сбоку в сечении второго варианта осуществления сепараторного оборудования, согласно изобретению, в котором один продолговатый объект формирования турбулентности показывается подробнее на отдельном чертеже.

Фиг. 9 является видом в перспективе сбоку в сечении сепараторного оборудования по фиг. 8, в котором внутренние ребра размещаются на внутренней поверхности емкости.

Фиг. 10 является видом в перспективе сбоку вращательного механизма сепараторного оборудования согласно изобретению.

#### Подробное описание изобретения

Ниже по тексту подробнее поясняются варианты осуществления изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи. Тем не менее, следует понимать, что чертежи не имеют намерение ограничивать изобретение предметом изобретения, проиллюстрированным на чертежах.

Следует принимать во внимание, что определенные признаки изобретения,

которые, для понятности, описываются в контексте отдельных вариантов осуществления, также могут предоставляться в комбинации в одном варианте осуществления. Наоборот, различные признаки изобретения, которые, для краткости, описываются в контексте одного варианта осуществления, также могут предоставляться по отдельности или в любой подходящей субкомбинации. В частности, следует принимать во внимание, что признаки, описанные относительно одного конкретного варианта осуществления, могут быть взаимозаменяемыми с признаками, описанными относительно других вариантов осуществления.

С конкретной ссылкой на фиг. 1, показывающий первый вариант осуществления изобретения, сепараторное оборудование 100 выполнено с возможностью выполнять непрерывную термическую сепарацию вещества 12, протекающего в очистительную камеру 2 в цилиндрической емкости 1, имеющей внутреннюю поверхность 1a и внешнюю поверхность 1b. Емкость включает в себя цилиндрическую стенку с длиной  $l_c$  и две круговых концевых стенки с диаметром  $d_c$  (либо альтернативно, овальные или прямоугольные, или квадратные с высотой  $H$  и шириной  $W$ ), размещаемых на каждом конце цилиндрической стенки.

Вещество 12, подаваемое во впускное отверстие 3 для вещества посредством использования подающего устройства 20 (фиг. 2), состоит из нескольких компонентов ( $A_n$ , где  $n > 1$ ), причем один или более этих компонентов 12b ( $A_m^c$ , где  $m \leq n$ ) являются испаряющимися с различными температурами испарения ( $T_i^c$ , где  $i = 1 \dots m$ ). Следовательно, часть 12a вещества 12 ( $A_{n-m}$ ) может считаться неиспаряющейся при заданной рабочей температуре ( $T_{op} \geq T_i^c$ ) в очистительной камере 2. Неиспаряющееся и испаряющиеся части 12a, 12b высвобождаются из емкости 1 в первое и второе выпускное отверстие 4, 5, соответственно. В ходе работы, формируется паровое облако 12c, содержащее смесь неиспаряющихся частей 12a и испаряющихся частей 12b. Упомянутое паровое облако 12c включает в себя как текучие среды (газ и жидкости), так и твердые тела/частицы.

Емкость 1 содержит вращательный механизм 7, имеющий поворотную ось 7a, совмещенную с центральной продольной осью  $C_{TC}$  емкости 1. Ось 7a протягивается по длине  $l_c$  емкости 1 и, по меньшей мере, через одну из концевых стенок, предпочтительно через обе.

Вращательный механизм 7 дополнительно включает в себя смесительное устройство 7b-d, прикрепленное к поворотной оси 7a в очистительной камере 2. Смесительное устройство 7b-d содержит, по меньшей мере, один, предпочтительно, по меньшей мере, два вращательных шкива или диска 7b, твердо закрепленных перпендикулярно на оси 7a, и множество смесительных выступов/выступающих элементов 7d, закрепленных на внешнем радиальном конце дисков 7b. В случае множества дисков 7b, они размещаются с разнесениями/смещениями вдоль продольного направления оси 7a (т.е. вдоль оси C). На фиг. 1, показываются в сумме семь разнесенных дисков 7b, причем все диски за исключением самого левого диска демонстрируют отверстия 7b1 около оси 7a, в силу этого обеспечивая возможность испаренным

компонентам 12b протекать через них. Основная цель одного замкнутого диска 7b, размещаемого ближе всего к концевой стенке, демонстрирующей впускное отверстие(я) 3 для вещества (см. фиг. 7), состоит в том, чтобы затруднять для твердых тел из парового облака 12с вход в объем между поворотной осью 7а и выступающими элементами 7d, в силу этого исключая смещение твердых тел с испаренными частями 12b и их высвобождение через второе выпускное отверстие 5.

Чтобы дополнительно исключать выход твердых тел из второго выпускного отверстия 5, узкий разрез, состоящий из двух периферически протягивающихся пластин 23, прикреплен к диску 7b, ближайшему ко второму выпускному отверстию 5, и к смежной внутренней стенке 1а, соответственно.

Смесительное устройство 7b-d дополнительно содержит множество стержней 7с, закрепленных на/около внешних кромок 7b2 дисков 7b, причем каждый из стержней 7с имеет длину и ориентацию, направленную вдоль (параллельно) центральной оси  $S_{TC}$  емкости 1, что обеспечивает возможность взаимного соединения двух или более дисков 7b и предпочтительно взаимных соединений всех дисков 7b.

Для первого варианта осуществления, проиллюстрированного на фиг. 1-6, смесительное устройство 7b-d также содержит множество штоков 7d, соединенных с возможностью замены с каждым стержнем 7с таким образом, что они выступают радиально к внутренней поверхности 1а цилиндрической стенки емкости 1, т.е. перпендикулярно центральной оси  $S_{TC}$  емкости 1. Основная цель штоков 7d состоит в том, чтобы создавать интенсивное смещение парового облака 12с, чтобы улучшить теплопередачу из внутренней стенки 1а.

При конкретной конфигурации, показанной на фиг. 1, эксперименты показывают то, что интенсивное смещение парового облака 12с достигнуто с периферийной скоростью  $v_p$  в 34,5 м/с, измеренной на концах штоков 7d, ближайших к внутренним стенкам емкости. Во время экспериментов, смесительное устройство 7a-d с наборами из восьми штоков 7d ( $\#_{mp}=8$ ) распределяется с разнесениями вдоль полной длины  $l_{md}$  смесительного устройства. Восемь штоков 7d каждого набора дополнительно распределяются с разнесениями вдоль всей периферии смесительного устройства 7b-d. Смесительное устройство 7b-d имеет диаметр  $d_{md}$  в 1,1 м, и внутренний диаметр  $d_c$  емкости составляет 1,2 м.

Периферийная скорость в 34,5 м/с при этой конкретной конфигурации соответствует скорости  $\omega_{rev}$  оборота в 600 оборотов в минуту (об/мин.). С восемью штоками 7d вдоль периферии смесительного устройства, это соответствует 4800 прочисткам в минуту (проч./мин.) по конкретной зоне внутренней стенки емкости 1а.

Если принимается решение поддерживать число прочисток постоянным, можно сделать вывод, что минимальная периферийная скорость  $v_{p, min}$  вращения на внешней радиальной границе штоков/смесительных выступов может формулироваться следующим образом:

$$v_{p, min} = 80\pi(d_{md}/\#_{mp}),$$



где  $d_{md}$  является диаметром смесительного устройства, и  $\#_{mp}$  является числом смесительных выступов.

Дополнительные эксперименты показывают то, что паровое облако с турбулентными характеристиками может достигаться с числом проч./мин., значительно меньшим 4800, по меньшей мере, вплоть до в 2700 проч./мин. Это соответствует следующей минимальной периферийной скорости вращения:

$$v_{p, \min} = 45\pi(d_{md}/\#_{mp}).$$

С конкретной ссылкой на фиг. 6, форма конца 7d1 каждого штока 7d, расположенного ближе всего к внутренней поверхности 1a, может варьироваться таким образом, чтобы оптимизировать упомянутое смещение парового облака в минимальном периферийном объеме  $V_p$ , разграниченном посредством радиальной протяженности вращательного механизма 7 и внутренней поверхности 1a. Как показано на подробных чертежах в овальной рамке по фиг. 6, оконечный узел штока 7d может быть плоским или почти плоским относительно обращенной внутренней поверхности 1a. Тем не менее, концы 7d1 могут иметь любую форму при условии, что они способствуют смещению парового облака 12с, присутствующего в минимальном периферийном объеме  $V_p$ . Подробный чертеж в овальной рамке на фиг. 1 показывает различные примеры возможных форм концов 7d1. Следует отметить, что примерные штоки 7d в овальной рамке по фиг. 1 поворачиваются на  $90^\circ$  против часовой стрелки по отношению к штокам 7d, показанным в емкости 1.

Чтобы обеспечивать вращение вращательного механизма 7 и в силу этого также смесительного устройства 7b-d, концевая секция 7a1 оси 7a соединяется с вращательным приводом 10. Как показано на фиг. 2, последний снабжается мощностью за счет внутреннего и/или внешнего вращательного электромотора 10a. В примерной конфигурации, показанной на фиг. 2, вращательный привод 10 содержит вращательный электромотор 10a, передаточный ремень 10b и два передаточных шкива 10с, размещаемые вокруг концевой секции 7a1 и поворотной оси вращательного электромотора 10a, соответственно.

Первое выпускное отверстие 4 выделяется для высвобождения твердотельных макрочастиц 12a (неиспаренных частей), в то время как второе выпускное отверстие 5 выделяется для высвобождения испаренных частей 12b. Чтобы исключить высвобождение пара из очистительной камеры 2 через первое выпускное отверстие 4 вращательный клапан 22 (фиг. 1) прикрепляется к первому выпускному отверстию 4, в силу этого выпускающая неиспаренные части 12a из первого выпускного отверстия 4.

После высвобождения из первого выпускного отверстия 4 через вращательный клапан 22, неиспаренная часть 12a может собираться посредством выделенного выпускного контейнера 40 для твердых тел, размещаемого ниже или частично ниже емкости 1 (фиг. 2).

Чтобы отслеживать температуру в емкости 1, один или более температурных датчиков 19 в различных местоположениях могут размещаться в/около очистительной

камеры 2, например, снаружи или внутри стенки емкости и/или в первом выпускном отверстии 4. Вторая позиция проиллюстрирована на фиг. 1.

Пар 12b может подаваться в конденсационную систему 30. Последнее может выполняться на трех этапах:

- Пар 12b протекает в газовый скруббер, чтобы очищать пар 12b для незначительных объемов твердотельных макрочастиц. Небольшой объем первой жидкости, такой как нефть, также может конденсироваться в газовом скруббере.

- Очищенный пар 12b дополнительно протекает в жидкостный конденсатор, например, в нефтяной конденсатор, чтобы конденсировать первую жидкость из пара 12b.

- В завершение, очищенный пар, имеющий или уменьшенный объем первой жидкости (например, более легкой нефти), протекает в паровой конденсатор, который конденсирует, по меньшей мере, второй тип жидкости, такой как вода, и если применимо, уменьшенный объем первой жидкости.

На фиг. 1, первое выпускное отверстие 4 и второе выпускное отверстие 5 видны как размещаемые рядом с концевой стенкой, дальней по отношению к вращательному приводу 10, при этом их отверстия из емкости 1 направлены вдоль центральной оси  $S_{TC}$  и наклонены вниз относительно центральной оси  $S_{TC}$ , соответственно. Тем не менее, первое и второе выпускные отверстия 4, 5 могут быть сконфигурированы в любом направлении при условии, что они обеспечивают возможность высвобождения неиспаренных и испаренных частей 12a, 12b в ходе работы. Фиг. 3-5 и 7 первого варианта осуществления и фиг. 8-9 второго варианта осуществления показывают альтернативную конфигурацию первого выпускного отверстия 4, имеющего вертикальное отверстие из очистительной камеры 2 в основании емкости 1.

Полный радиальный диаметр  $d_{md}$  вращательного механизма 7/смесительного устройства 7b-d, т.е. двукратная полная радиальная длина от центральной оси  $S_{TC}$  до радиальной границы вращательного механизма 7, предпочтительно составляет более 90% от диаметра  $d_c$  очистительной камеры 2. Например, если внутренний диаметр  $d_c$  цилиндрической емкости 1 составляет 2 метра, среднее удаление между концом 7d1 каждого множества штоков 7d и внутренней поверхностью 1a предпочтительно должно составлять меньше 10 см, например, 3 или 4 см.

Во всех примерных конфигурациях по фиг. 1 и 3-9, нагревательное устройство 6 проиллюстрировано как узел, содержащий:

- множество резистивных нагревательных элементов в форме столбиков/штоков 6", размещаемых в стенке емкости вдоль (т.е. параллельно) центральной оси  $S_{TC}$ , и

- систему с горячей текучей средой, размещаемую вокруг цилиндрической стенки, содержащей оболочку 13, формирующую пустоту 14 между внутренней поверхностью оболочки 13 и внешней поверхностью 1b емкости 1. Оболочка 13 дополнительно содержит впускное отверстие 13a для тепла для подачи нагретой текучей среды 6' в пустоту 14 и выпускное отверстие 13b для тепла для высвобождения нагретой текучей среды 6' из пустоты 14.

Тем не менее, следует отметить, что нагревательное устройство 6 может содержать любые типы и любое число нагревательных механизмов, допускающих нагрев внутренней стенки 1a емкости 1. Например, в альтернативных вариантах осуществления, нагревательное устройство 6 может состоять только из одного или более резистивных нагревательных элементов внутри и/или за пределами стенки контейнера либо состоять только из упомянутой системы с горячей текучей средой. Нагревательное устройство 6, альтернативно или помимо этого, может содержать микроволновую нагревательную систему и/или индукционную нагревательную систему, размещаемую на/около внешней поверхности 1b емкости 1 и/или в очистительной камере 2.

Фиг. 7 показывает сепараторное оборудование 100, в котором одна из концевых стенок емкости 1 демонстрирует два впускных отверстия 3 для вещества, отверстие для поворотной оси 7a и люк 18 для технического осмотра/обслуживания. Тем не менее, следует понимать, что эта концевая стенка может содержать любое число впускных отверстий 3 для вещества и любое число люков 18. Для конкретной конфигурации, показанной на фиг. 7, только одно из двух впускных отверстий 3 для вещества используется в ходе работы. Другое может быть закрыто, например, посредством идентичного материала с оставшейся частью емкости 1 или с помощью прозрачного стекла. Альтернативно, вещество 12 может подаваться через оба впускных отверстия 3 в ходе работы.

Черные стрелки 6', указывающие во впускное отверстие 13a для тепла и из выпускного отверстия 13b для тепла, соответственно, символизируют поток горячей текучей среды.

Фиг. 8 и 9 показывают второй вариант осуществления сепараторного оборудования 100. По сравнению с первым вариантом осуществления, множество штоков 7d опускаются. Вращательный механизм 7 в силу этого содержит поворотную ось 7a и смесительное устройство 7c-d, причем второе из них задается посредством множества дисков 7b и взаимосоединительных стержней 7c. Требуемое смешение вещества 12 в минимальном периферийном объеме  $V_p$  в силу этого обеспечивается главным образом за счет посредством продольно направленных стержней 7c.

Чтобы обеспечивать максимизированное смешение, предпочтительно до такой степени, что паровое облако 12c подвергается характеристике турбулентного потока в  $V_p$ , форма стержней 7c может оптимизироваться, например, посредством повторного тестирования, при котором различные формы стержней 7c вставляются и управляются, и когда теплопередача измеряется в ходе каждой операции. Фиг. 8-9 показывают одну примерную конфигурацию стержней 7c, в которой продольная площадь поперечного сечения демонстрирует треугольную форму. Острые края 7c1 треугольного стержня 7c могут вызывать большую турбулентность в минимальном периферийном объеме и интенсивное смешение парового облака 12c.

Вышеописанное сепараторное оборудование 100 обеспечивает эффективное удаление жидкостей и/или газов из вещества 12 посредством термической сепарации, с

использованием, например, отходного тепла б' в качестве основной косвенной энергии для сепарации отходов и побочных продуктов. Вследствие комбинированного внешнего нагрева емкости 1 и сильного смешения компонентов вещества/парового облака 12с, сепараторное оборудование 100 может работать непрерывно без присутствия механизма чистой внутренней транспортировки, приводящего к постепенному нагреву вещества 12 (что требуется в текущих известных способах косвенной сепарации).

Посредством использования вышеописанного оборудования 100, тепло не передается главным образом в твердые тела в отходах, как в случае способов косвенной сепарации. Вместо этого, тепло передается в паровое облако 12с, имеющее гораздо более высокий коэффициент теплопередачи. Это паровое облако 12с состоит главным образом из (по объему) испаренных жидкостей/газов, а также горячих неиспаренных частиц. Если вода присутствует во входящем веществе 12, то "испаренное" паровое облако 12с обязательно должно содержать пар.

В ходе работы, осуществляются следующие этапы процесса:

- Нагревательное устройство 6 и вращательный механизм 7 заставляют входящее вещество 12 преобразовываться в паровое облако 12с.

- Тепловая энергия из нагревательного устройства 6 передается из внутренней поверхности 1а емкости 1 в сформированное паровое облако 12с.

- Тепловая энергия затем передается из этого нагретого парового облака 12с на входящее вещество 12 посредством интенсивного смешения/турбулентности из вращательного механизма 7.

Теплопередача из стали в высушенное твердое тело, типично содержащееся в сепараторах за счет косвенного нагрева предшествующего уровня техники, испытывается как равная приблизительно  $75 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ . Для сравнения, теплопередача из стали в пар (который должен представлять собой типичный основной ингредиент парового облака 12с во время термической сепарации отходов) является значительно более высокой, типично приблизительно  $6000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ .

Следовательно, посредством нагрева вещества 12 через вышеуказанные этапы нагрева, изобретаемое оборудование достигает теплоемкости значительно выше  $75 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  (но ниже  $6000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ).

Конечная теплопередача должна зависеть, в числе прочего, от содержания воды. Например, коэффициент теплопередачи между  $1000$  и  $1200 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  верифицирован, когда тесты на предмет термической сепарации выполнены для вещества, содержащего приблизительно 15% воды, 15% нефти и 70% неиспаряющегося вещества (по весу). Последнее представляет собой типичный состав для шлама после операций бурения.

Как упомянуто выше, механизм обеспечения интенсивного смешения/турбулентности должен обеспечивать оптимальное смешение и теплообмен из парового облака 12с на непрерывно подаваемое вещество 12 через впускное отверстие 3 для вещества и различные компоненты в этом веществе, в силу этого приводя к почти мгновенному испарению конкретных жидкостей в веществе 12. Емкость 1 в силу этого

должна (в любой момент времени) содержать паровое облако 12с с оптимальными возможностями теплопередачи, как из внутренней поверхности 1а, так и на входящее вещество 12.

Хотя частицы в любом созданном паровом облаке обязательно должны принудительно подаваться к периферии очистительной камеры посредством центробежных сил, непрерывное испарение жидкостей (к примеру, воды) должно создавать большие внутренние силы во всех внутренних направлениях, в силу этого обеспечивая высокий процент пара (пара) на периферии.

Тесты с изобретаемым сепараторным оборудованием выполнены при очистке отходного вещества, содержащего 70% минеральных твердых тел, 15% воды и 15% нефти по весу (шлама из операций бурения). Тесты демонстрируют интенсивность теплопередачи приблизительно между 1000 Вт/м<sup>2</sup>К и 1200 Вт/м<sup>2</sup>К. Еще более высокие интенсивности теплопередачи ожидаются для веществ, содержащих большее количество воды.

В вышеприведенном описании, различные аспекты способа и оборудования согласно изобретению описываются со ссылкой на иллюстративный вариант осуществления. Для целей пояснения, конкретные числа, системы и конфигурации изложены для того, чтобы предоставлять полное понимание оборудования и его работы. Тем не менее, это описание не имеет намерение истолковываться в ограничивающем смысле. Различные модификации и варьирования иллюстративных вариантов осуществления, а также другие варианты осуществления способа и оборудования, которые являются очевидными для специалистов в области техники, к которой относится раскрытый предмет изобретения, считаются находящимися в пределах объема настоящего изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ термической сепарации вещества (12), протекающего в очистительную камеру (2) посредством использования сепараторного оборудования (100),

- при этом сепараторное оборудование (100) содержит:

- емкость (1), имеющий стенку емкости с внутренней поверхностью (1а), заключающей очистительную камеру (2) с длиной  $l_c$ , высотой  $H$  и шириной  $W$ , причем емкость (1) содержит, по меньшей мере, одно впускное отверстие (3) для вещества и, по меньшей мере, одно первое выпускное отверстие (4) и, по меньшей мере, одно второе выпускное отверстие (5) для неиспаряющихся и испаряющихся частей (12а, 12b), соответственно,

- нагревательное устройство (6), размещаемое за пределами очистительной камеры (2), и

- вращательный механизм (7), содержащий поворотную ось (7а), размещаемую в очистительной камере (2), направленной вдоль длины  $l_c$  очистительной камеры (2), и смесительное устройство (7b-d) с радиальным диаметром  $d_{md}$  и осевой длиной  $l_{md}$ , прикрепленное к поворотной оси (7а) и протягивающееся перпендикулярно поворотной оси (7а),

- при этом способ содержит следующие этапы, на которых:

А. нагревают внутреннюю поверхность (1а) посредством использования нагревательного устройства (6) для того, чтобы передавать тепловую энергию в минимальный периферийный объем ( $V_p$ ) очистительной камеры (2), ограниченный между смесительным устройством (7b-d) и внутренней поверхностью (1а),

В. вращают вращательный механизм (7) посредством использования вращательного привода (10), функционально прикрепленного к поворотной оси (7а), до периферийной скорости ( $v_p$ ) вращения, измеренной на радиальной внешней границе смесительного устройства (7b-d), которая превышает минимальную периферийную скорость ( $v_{p, min}$ ) вращения в 5 метров в секунду,

С. подают вещество (12) в очистительную камеру (2), по меньшей мере, через одно впускное отверстие (3) для вещества с использованием подающего устройства (20), при этом вещество (12) содержит два или более компонентов, причем, по меньшей мере, один из компонентов является испаряющимся при температуре ( $T_e$ ) испарения,

Д. регулируют, по меньшей мере, одно из следующего:

- входная мощность нагревательного устройства (6),

- поток вещества (12), подаваемого, по меньшей мере, в одно, по меньшей мере, из одного впускного отверстия (3) для вещества,

- входная мощность вращательного привода (10), и

- выходной поток неиспаренной части (12а) вещества (12), высвобожденного, по меньшей мере, из одного первого выпускного отверстия (4),

- таким образом, что полная тепловая энергия, передаваемая, по меньшей мере, в часть минимального периферийного объема ( $V_p$ ), приводит к рабочей температуре ( $T_{op}$ ),

которая превышает температуру ( $T_e$ ) испарения в ходе работы, и при этом величина тепловой энергии, передаваемой в часть минимального периферийного объема ( $V_p$ ) посредством нагревательного устройства (6), составляет более 60% от передаваемой полной тепловой энергии.

2. Сепараторное оборудование (100) по п. 1,

- в котором крайняя внешняя радиальная часть смесительного устройства (7b-d) содержит множество радиально сепарированных смесительных выступов (7c, 7d).

3. Сепараторное оборудование (100) по п. 2,

- в котором множество радиально сепарированных смесительных выступов (7c, 7d) разделяются на один или более наборов, распределенных аксиально вдоль поворотной оси (7a), по осевой длине ( $l_{md}$ ) смесительного устройства (7b-d), причем число смесительных выступов (7c, 7d) в каждом наборе задается как число смесительных выступов (7c, 7d) в полной окружности вокруг поворотной оси (7a) при просмотре вдоль направления поворотной оси (7a), и

- при этом минимальная периферийная скорость ( $v_{p, min}$ ) вращения вращательного механизма (7) дополнительно задается следующим образом:

$$v_{p, min} = C(d_{md}/\#_{mp}),$$

где:

$C$  является константой, равной или выше  $12\pi$ ,

$\#_{mp}$  является числом радиально сепарированных смесительных выступов (7c, d) в каждом наборе, и

$d_{md}$  [м] является радиальным диаметром смесительного устройства (7b-d).

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором соотношение между радиальным диаметром ( $d_{md}$ ) смесительного устройства (7b-d) и радиальным диаметром ( $d_c$ ) очистительной камеры (2) составляет между 0,8 и 1,0.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором периферийная скорость ( $v_p$ ) вращения вращательного механизма (7) регулируется таким образом, что испаренная часть (12b) вещества (12), присутствующего в минимальном периферийном объеме ( $V_p$ ), получает характеристику турбулентного потока.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов,

- в котором множество радиально сепарированных смесительных выступов (7c, 7d) разделяются на один или более наборов, распределенных аксиально вдоль поворотной оси (7a), по осевой длине ( $l_{md}$ ) смесительного устройства (7b-d), причем число смесительных выступов (7c, 7d) в каждом наборе задается как число смесительных выступов (7c, 7d) в полной окружности вокруг поворотной оси (7a) при просмотре вдоль направления поворотной оси (7a), и

- при этом минимальная периферийная скорость ( $v_{p, min}$ ) вращения вращательного механизма (7) дополнительно задается следующим образом:

$$v_{p, min} = C(d_{md}/\#_{mp}),$$

где:

$C$  является константой, равной или выше 45 $\pi$ ,

$\#_{\text{мр}}$  является числом радиально сепарированных смесительных выступов (7с, d) в каждом наборе, и

$d_{\text{мд}}$  [м] является радиальным диаметром смесительного устройства (7b-d).

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором поворотная ось (7а) размещается в совмещении с центральной осью ( $C_{\text{ТС}}$ ) очистительной камеры (2).

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором нагревательное устройство (6) ориентируется в направлении длины  $l_c$  очистительной камеры (2).

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором нагревательное устройство (6) дополнительно содержит:

- оболочку (13), размещаемую вокруг емкости (1) таким образом, что пустота (14) создается между внешней поверхностью (1b) стенки емкости и внутренней поверхностью оболочки (13), причем оболочка (13) содержит впускное отверстие (13а) в оболочке, обеспечивающее подачу нагревательного средства (6') в пустоту (14).

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором, по меньшей мере, часть внешней поверхности (1b) стенки емкости содержит множество внешних заусенцев (16).

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором нагревательное устройство (6) размещается, по меньшей мере, частично в стенке емкости.

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором, когда поток ( $S_i$ ) задается равным постоянной скорости, входная мощность в нагревательное устройство (6) и входная мощность во вращательный привод (10) взаимно регулируются таким образом, что рабочая температура ( $T_{\text{ор}}$ ), по меньшей мере, в части минимального периферийного объема ( $V_p$ ) достигается.

13. Способ по любому из пп. 1-12, в котором, когда входная мощность во вращательный привод (10) и входная мощность в нагревательное устройство (6) задаются равными постоянным уровням, поток ( $S_i$ ) регулируется таким образом, что рабочая температура ( $T_{\text{ор}}$ ), по меньшей мере, в части минимального периферийного объема ( $V_p$ ) достигается.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов,

- в котором сепараторное оборудование (100) дополнительно содержит:

- температурный датчик (19), размещаемый таким образом, что температура внутри или в очистительной камере (2), может отслеживаться, и

- систему управления, поддерживающую обмен сигналами с температурным датчиком (19), подающим устройством (20), вращательным приводом (10) и нагревательным устройством (6), причем система управления выполнена с возможностью автоматически регулировать, по меньшей мере, одно из потока ( $S_i$ ), входной мощности вращательного привода (10) и входной мощности нагревательного устройства (6) на основе температуры, измеренной посредством температурного датчика (19).

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором:



- сепараторное оборудование (100) дополнительно содержит:
- температурный датчик (19), размещаемый таким образом, что температура внутри или в очистительной камере (2), может отслеживаться, и
- при этом сепараторное оборудование дополнительно содержит:
  - систему управления, поддерживающую обмен сигналами с температурным датчиком (19) и подающим устройством (20), причем система управления выполнена с возможностью автоматически регулировать поток ( $S_i$ ) из подающего устройства (20) на основе температуры, измеренной посредством температурного датчика (19),
  - и при этом этап D включает в себе этапы, на которых:
    - измеряют температуру внутри или в очистительной камере (2),
    - передают температуру в систему управления, которая вычисляет новый поток ( $S_n$ ) в качестве функции от температуры, и
    - регулируют поток ( $S_i$ ) до нового потока ( $S_n$ ) посредством передачи сигнала в подающее устройство (20).

16. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором смесительное устройство (7b-c) содержит:

- множество вращающихся дисков (7b), закрепленных с осевыми смещениями на поворотной оси (7a), и
- множество аксиально ориентированных продолговатых объектов (7c), взаимно соединяющих множество вращающихся дисков (7b).

17. Способ по п. 16, в котором каждый из множества вращающихся дисков (7b) демонстрирует, по меньшей мере, одно сквозное отверстие (7b1) для предоставления возможности испаренной части (12b) протекать в ходе работы.

18. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором смесительное устройство (7b-c) содержит множество радиально выступающих элементов (7d), распределенных со смещениями вдоль поворотной оси (7a).

19. Способ по п. 18, в котором смесительное устройство (7b-c) содержит множество вращающихся дисков (7b), закрепленных с осевыми смещениями на поворотной оси (7a), и множество аксиально ориентированных продолговатых объектов (7c), взаимно соединяющих множество вращающихся дисков (7b), при этом множество радиально выступающих элементов (7d) соединяются с возможностью замены с множеством аксиально ориентированных продолговатых объектов (7c).

20. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором емкость (1) представляет собой цилиндр, имеющий внутреннюю осевую длину  $l_c$  и внутренний радиальный диаметр  $d_c$ , при этом соотношение между внутренней осевой длиной  $l_c$  и внутренним радиальным диаметром  $d_c$  равно или меньше 4,0.

По доверенности

**ИЗМЕНЕННАЯ ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ ПО СТАТЬЕ 34 РСТ  
(ДЛЯ СВЕДЕНИЯ)**

1. Способ для термической сепарации вещества (12), протекающего в очистительную камеру (2) посредством использования сепараторного оборудования (100),

- при этом сепараторное оборудование (100) содержит:

- сосуд (1), имеющий стенку сосуда с внутренней поверхностью (1а), помещающей очистительную камеру (2) с длиной  $l_c$ , высотой  $H$  и шириной  $W$ , причем сосуд (1) содержит, по меньшей мере, одно впускное отверстие (3) для вещества и, по меньшей мере, одно первое выпускное отверстие (4) и, по меньшей мере, одно второе выпускное отверстие (5) для неиспаряющихся и испаряющихся частей (12а, 12b), соответственно,

- нагревательное устройство (6), размещаемое за пределами очистительной камеры (2), и

- вращательный механизм (7), содержащий поворотную ось (7а), размещаемую в очистительной камере (2), направленной вдоль длины  $l_c$  очистительной камеры (2), и смесительное устройство (7b-d) с радиальным диаметром  $d_{md}$  и осевой длиной  $l_{md}$ , прикрепленное к поворотной оси (7а) и протягивающееся перпендикулярно поворотной оси (7а),

- при этом способ содержит следующие этапы, на которых:

А. нагревают внутреннюю поверхность (1а) посредством использования нагревательного устройства (6) для того, чтобы передавать тепловую энергию в минимальный периферийный объем ( $V_p$ ) очистительной камеры (2), ограниченный между смесительным устройством (7b-d) и внутренней поверхностью (1а),

В. вращают вращательный механизм (7) посредством использования вращательного привода (10), функционально прикрепленного к поворотной оси (7а), до периферийной скорости ( $v_p$ ) вращения, измеренной на радиальной внешней границе смесительного устройства (7b-d), которая превышает минимальную периферийную скорость ( $v_{p, \min}$ ) вращения в 5 метров в секунду,

С. подают вещество (12) в очистительную камеру (2), по меньшей мере, через одно впускное отверстие (3) для вещества с использованием подающего устройства (20), при этом вещество (12) содержит два или более компонентов, причем, по меньшей мере, один из компонентов является испаряющимся при температуре ( $T_c$ ) испарения,

Д. регулируют, по меньшей мере, одно из следующего:

- входная мощность нагревательного устройства (6),

- поток вещества (12), подаваемого, по меньшей мере, в одно, по меньшей мере, из одного впускного отверстия (3) для вещества,

- входная мощность вращательного привода (10), и

- выходной поток неиспаренной части (12а) вещества (12), высвобожденного, по меньшей мере, из одного первого выпускного отверстия (4),

- таким образом, что полная тепловая энергия, передаваемая, по меньшей мере, в часть минимального периферийного объема ( $V_p$ ), приводит к рабочей температуре ( $T_{op}$ ),

которая превышает температуру ( $T_e$ ) испарения в ходе работы, причем величина тепловой энергии, передаваемой в часть минимального периферийного объема ( $V_p$ ) посредством нагревательного устройства (6), составляет более 60% от передаваемой полной тепловой энергии,

- при этом полная передаваемая тепловая энергия, комбинированная с вращением вращательного механизма (7), создает паровое облако, содержащее смесь неиспаряющихся и испаряющихся частей (12a, 12b), приводя к почти мгновенному нагреву и испарению в минимальном периферийном объеме ( $V_p$ ).

2. Сепараторное оборудование (100) по п. 1,

- в котором крайняя внешняя радиальная часть смесительного устройства (7b-d) содержит множество радиально сепарированных смесительных выступов (7c, 7d).

3. Сепараторное оборудование (100) по п. 2,

- в котором множество радиально сепарированных смесительных выступов (7c, 7d) разделяются на один или более наборов, распределенных аксиально вдоль поворотной оси (7a), по осевой длине ( $l_{md}$ ) смесительного устройства (7b-d), причем число смесительных выступов (7c, 7d) в каждом наборе задается как число смесительных выступов (7c, 7d) в полной окружности вокруг поворотной оси (7a) при просмотре вдоль направления поворотной оси (7a), и

- при этом минимальная периферийная скорость ( $v_{p, min}$ ) вращения вращательного механизма (7) дополнительно задается следующим образом:

$$v_{p, min} = C(d_{md}/\#_{mp}),$$

где:

$C$  является константой, равной или выше  $12\pi$ ,

$\#_{mp}$  является числом радиально сепарированных смесительных выступов (7c, d) в каждом наборе, и

$d_{md}$  [м] является радиальным диаметром смесительного устройства (7b-d).

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором соотношение между радиальным диаметром ( $d_{md}$ ) смесительного устройства (7b-d) и радиальным диаметром ( $d_c$ ) очистительной камеры (2) составляет между 0,8 и 1,0.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором периферийная скорость ( $v_p$ ) вращения вращательного механизма (7) регулируется таким образом, что испаренная часть (12b) вещества (12), присутствующего в минимальном периферийном объеме ( $V_p$ ), получает характеристику турбулентного потока.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов,

- в котором множество радиально сепарированных смесительных выступов (7c, 7d) разделяются на один или более наборов, распределенных аксиально вдоль поворотной оси (7a), по осевой длине ( $l_{md}$ ) смесительного устройства (7b-d), причем число смесительных выступов (7c, 7d) в каждом наборе задается как число смесительных выступов (7c, 7d) в полной окружности вокруг поворотной оси (7a) при просмотре вдоль направления поворотной оси (7a), и

- при этом минимальная периферийная скорость ( $v_{p, \min}$ ) вращения вращательного механизма (7) дополнительно задается следующим образом:

$$v_{p, \min} = C(d_{md}/\#_{mp}),$$

где:

$C$  является константой, равной или выше  $45\pi$ ,

$\#_{mp}$  является числом радиально сепарированных смесительных выступов (7с, d) в каждом наборе, и

$d_{md}$  [м] является радиальным диаметром смесительного устройства (7b-d).

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором поворотная ось (7а) размещается в совмещении с центральной осью ( $C_{TC}$ ) очистительной камеры (2).

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором нагревательное устройство (6) ориентируется в направлении длины  $l_c$  очистительной камеры (2).

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором нагревательное устройство (6) дополнительно содержит:

- оболочку (13), размещаемую вокруг сосуда (1) таким образом, что пустота (14) создается между внешней поверхностью (1b) стенки сосуда и внутренней поверхностью оболочки (13), причем оболочка (13) содержит впускное отверстие (13а) в оболочке, обеспечивающее подачу нагревательного средства (6') в пустоту (14).

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором, по меньшей мере, часть внешней поверхности (1b) стенки сосуда содержит множество внешних заусенцев (16).

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором нагревательное устройство (6) размещается, по меньшей мере, частично в стенке сосуда.

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором, когда поток ( $S_i$ ) задается равным постоянной скорости, входная мощность в нагревательное устройство (6) и входная мощность во вращательный привод (10) взаимно регулируются таким образом, что рабочая температура ( $T_{op}$ ), по меньшей мере, в части минимального периферийного объема ( $V_p$ ) достигается.

13. Способ по любому из пп. 1-12, в котором, когда входная мощность во вращательный привод (10) и входная мощность в нагревательное устройство (6) задаются равными постоянным уровням, поток ( $S_i$ ) регулируется таким образом, что рабочая температура ( $T_{op}$ ), по меньшей мере, в части минимального периферийного объема ( $V_p$ ) достигается.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов,

- в котором сепараторное оборудование (100) дополнительно содержит:

- температурный датчик (19), размещаемый таким образом, что температура внутри или в очистительной камере (2), может отслеживаться, и

- систему управления, поддерживающую обмен сигналами с температурным датчиком (19), подающим устройством (20), вращательным приводом (10) и нагревательным устройством (6), причем система управления выполнена с возможностью

автоматически регулировать, по меньшей мере, одно из потока ( $S_i$ ), входной мощности вращательного привода (10) и входной мощности нагревательного устройства (6) на основе температуры, измеренной посредством температурного датчика (19).

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором:

- сепараторное оборудование (100) дополнительно содержит:
- температурный датчик (19), размещаемый таким образом, что температура внутри или в очистительной камере (2), может отслеживаться, и
- при этом сепараторное оборудование дополнительно содержит:
- систему управления, поддерживающую обмен сигналами с температурным датчиком (19) и подающим устройством (20), причем система управления выполнена с возможностью автоматически регулировать поток ( $S_i$ ) из подающего устройства (20) на основе температуры, измеренной посредством температурного датчика (19),
- и при этом этап D включает в себе этапы, на которых:
- измеряют температуру внутри или в очистительной камере (2),
- передают температуру в систему управления, которая вычисляет новый поток ( $S_n$ ) в качестве функции от температуры, и
- регулируют поток ( $S_i$ ) до нового потока ( $S_n$ ) посредством передачи сигнала в подающее устройство (20).

16. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором смесительное устройство (7b-c) содержит:

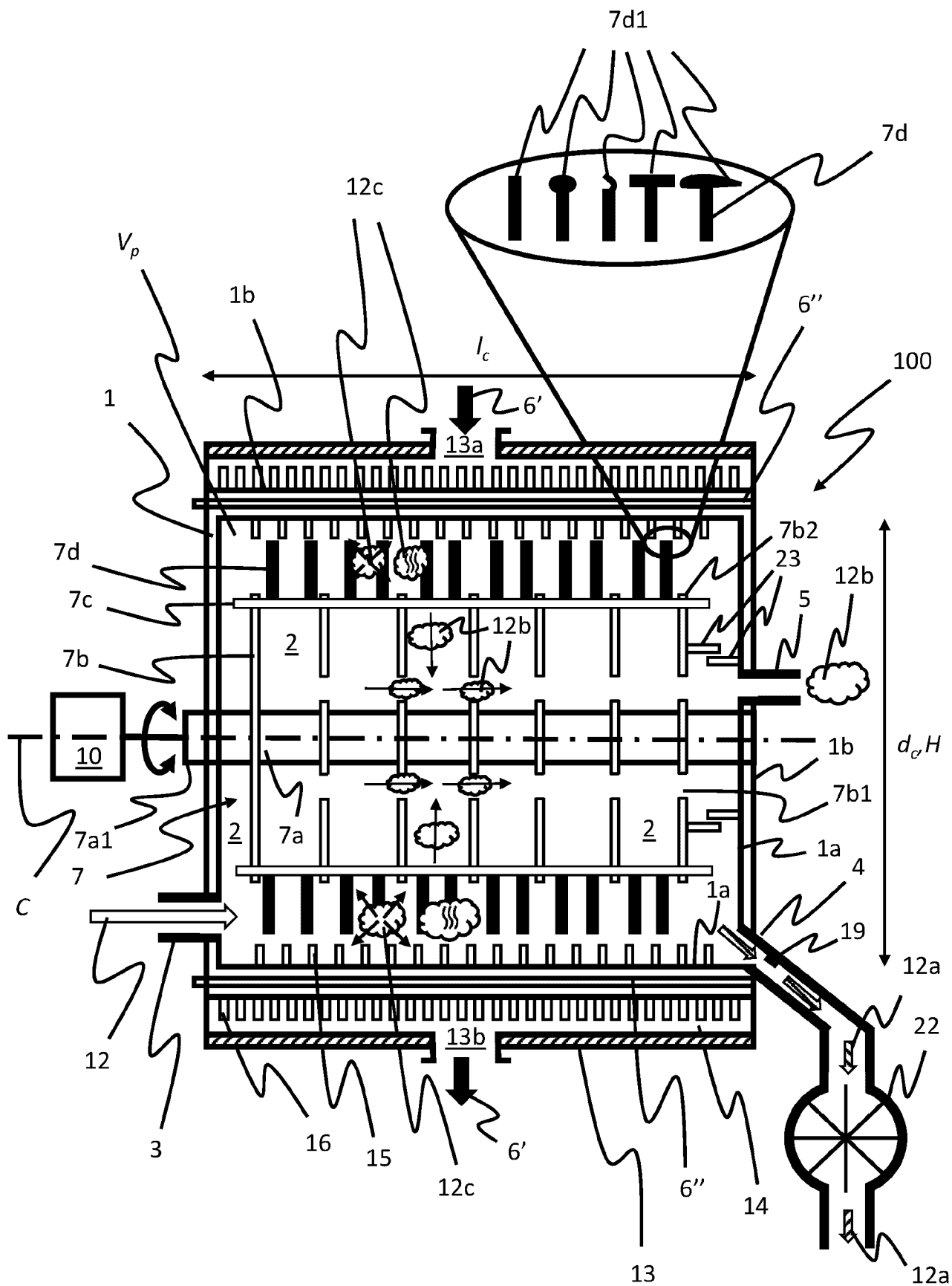
- множество вращающихся дисков (7b), закрепленных с осевыми смещениями на поворотной оси (7a), и
- множество аксиально ориентированных продолговатых объектов (7c), взаимно соединяющих множество вращающихся дисков (7b).

17. Способ по п. 16, в котором каждый из множества вращающихся дисков (7b) демонстрирует, по меньшей мере, одно сквозное отверстие (7b1) для предоставления возможности испаренной части (12b) протекать в ходе работы.

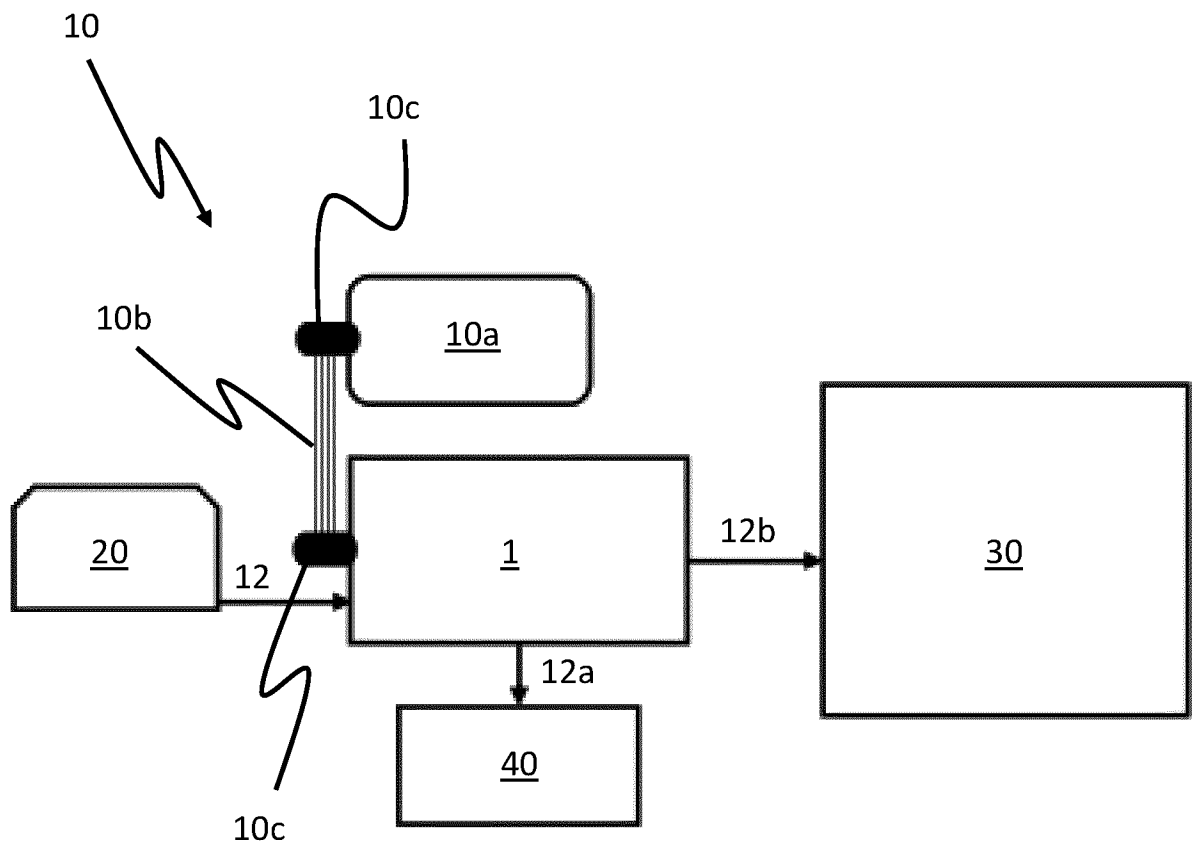
18. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором смесительное устройство (7b-c) содержит множество радиально выступающих элементов (7d), распределенных со смещениями вдоль поворотной оси (7a).

19. Способ по п. 18, в котором смесительное устройство (7b-c) содержит множество вращающихся дисков (7b), закрепленных с осевыми смещениями на поворотной оси (7a), и множество аксиально ориентированных продолговатых объектов (7c), взаимно соединяющих множество вращающихся дисков (7b), при этом множество радиально выступающих элементов (7d) соединяются с возможностью замены с множеством аксиально ориентированных продолговатых объектов (7c).

20. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором сосуд (1) представляет собой цилиндр, имеющий внутреннюю осевую длину  $l_c$  и внутренний радиальный диаметр  $d_c$ , при этом соотношение между внутренней осевой длиной  $d_c$  и внутренним радиальным диаметром  $d_c$  равно или меньше 4,0.



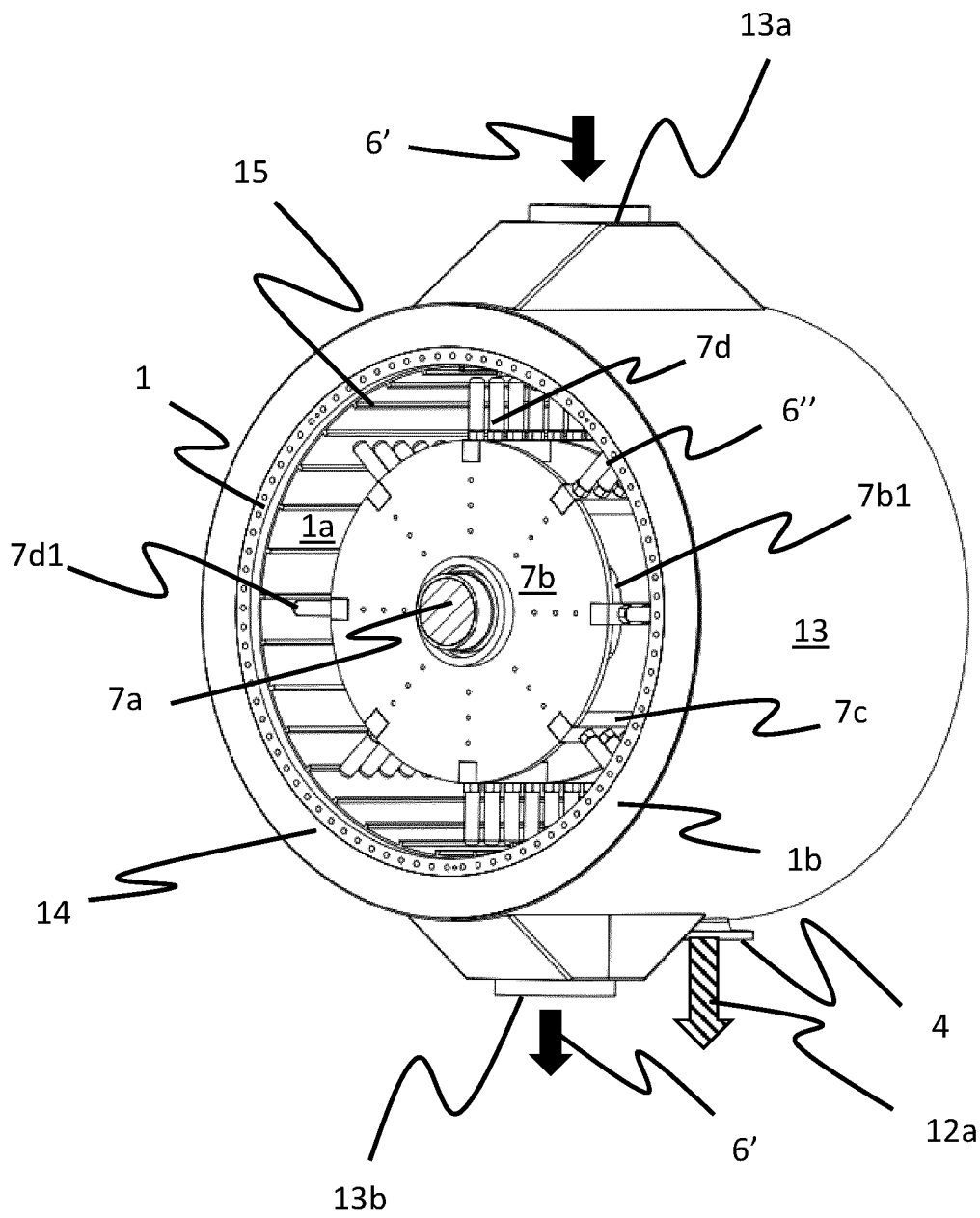
ФИГ. 1



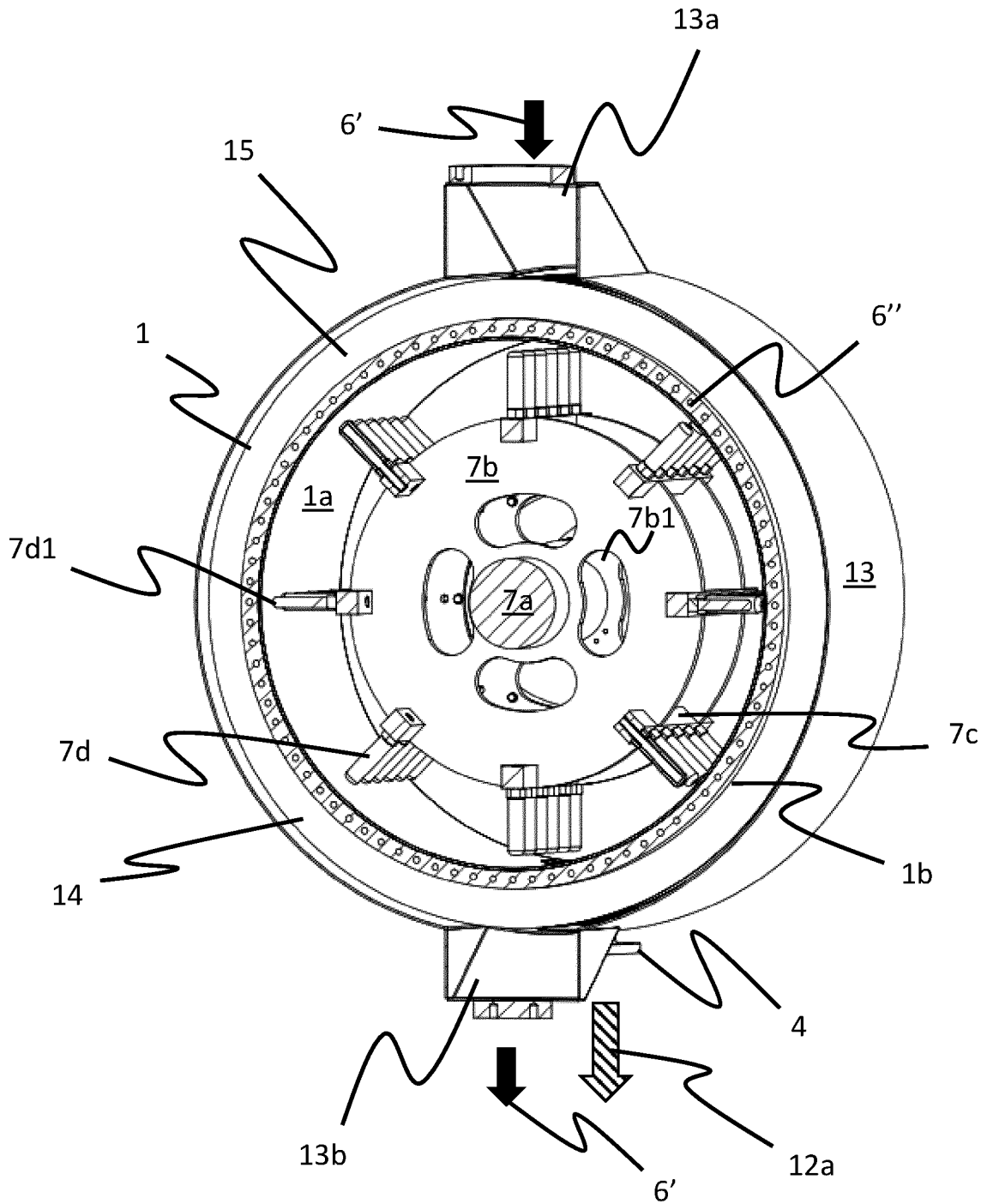
ФИГ. 2



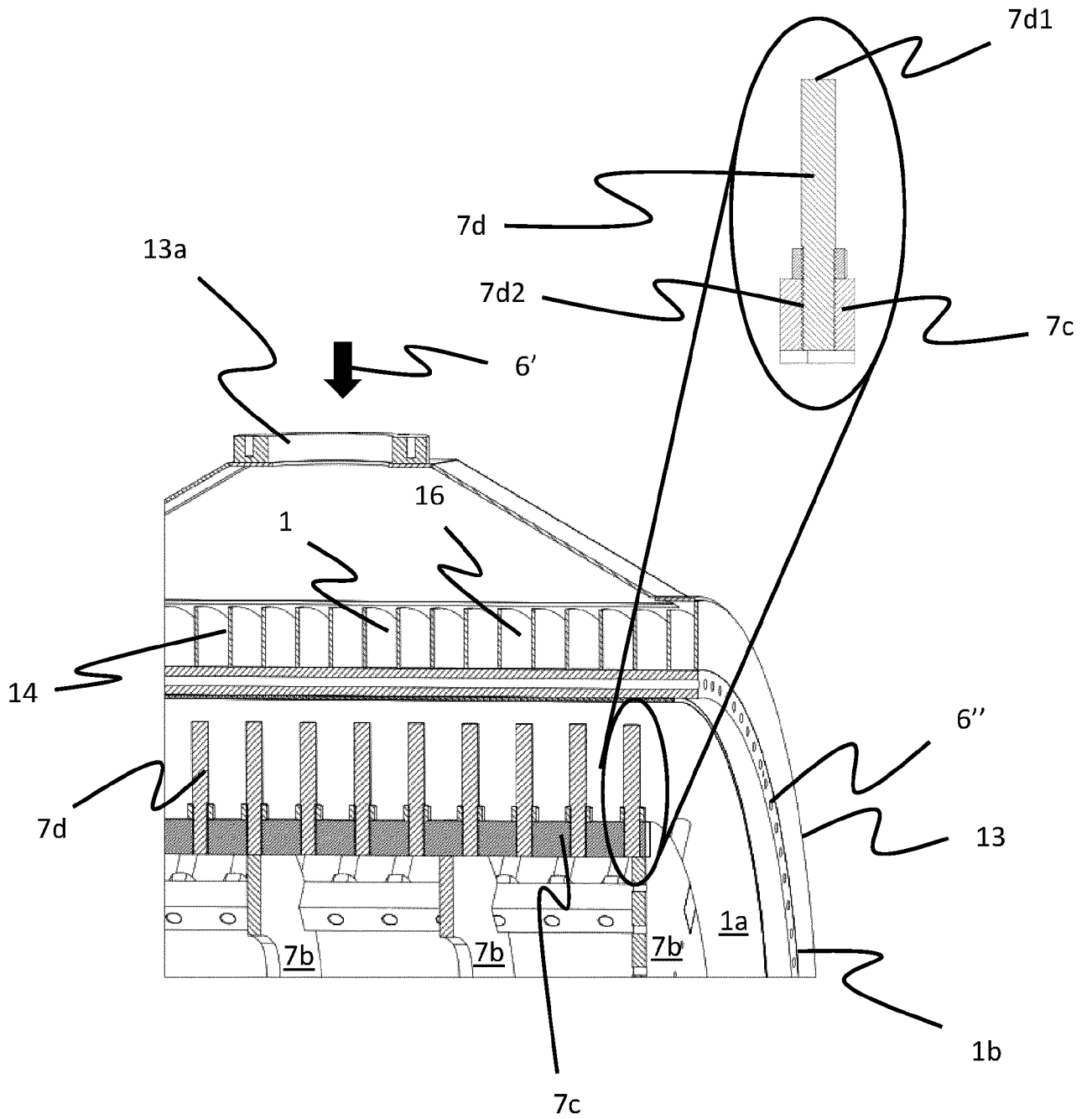




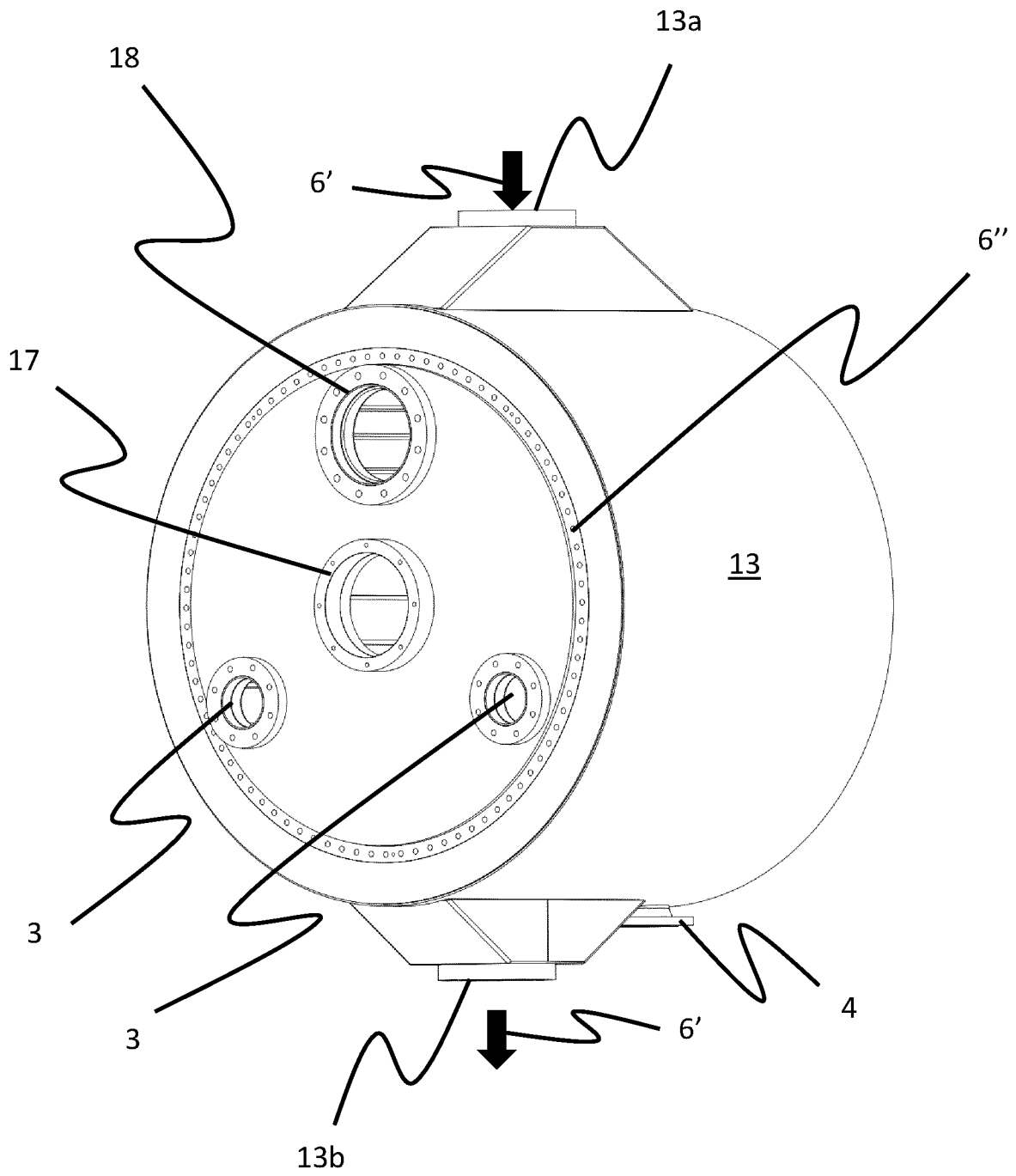
ФИГ. 4



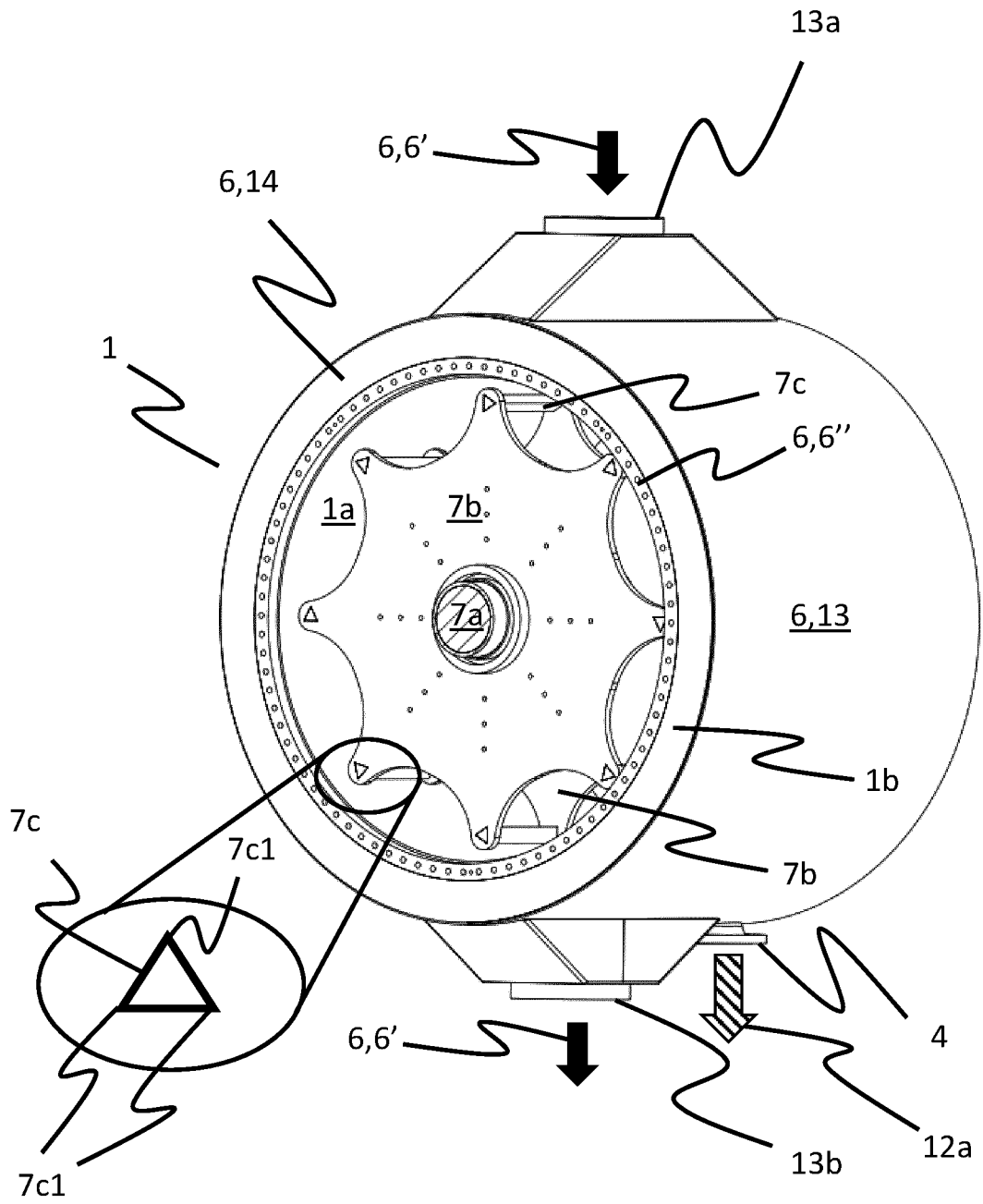
ФИГ. 5



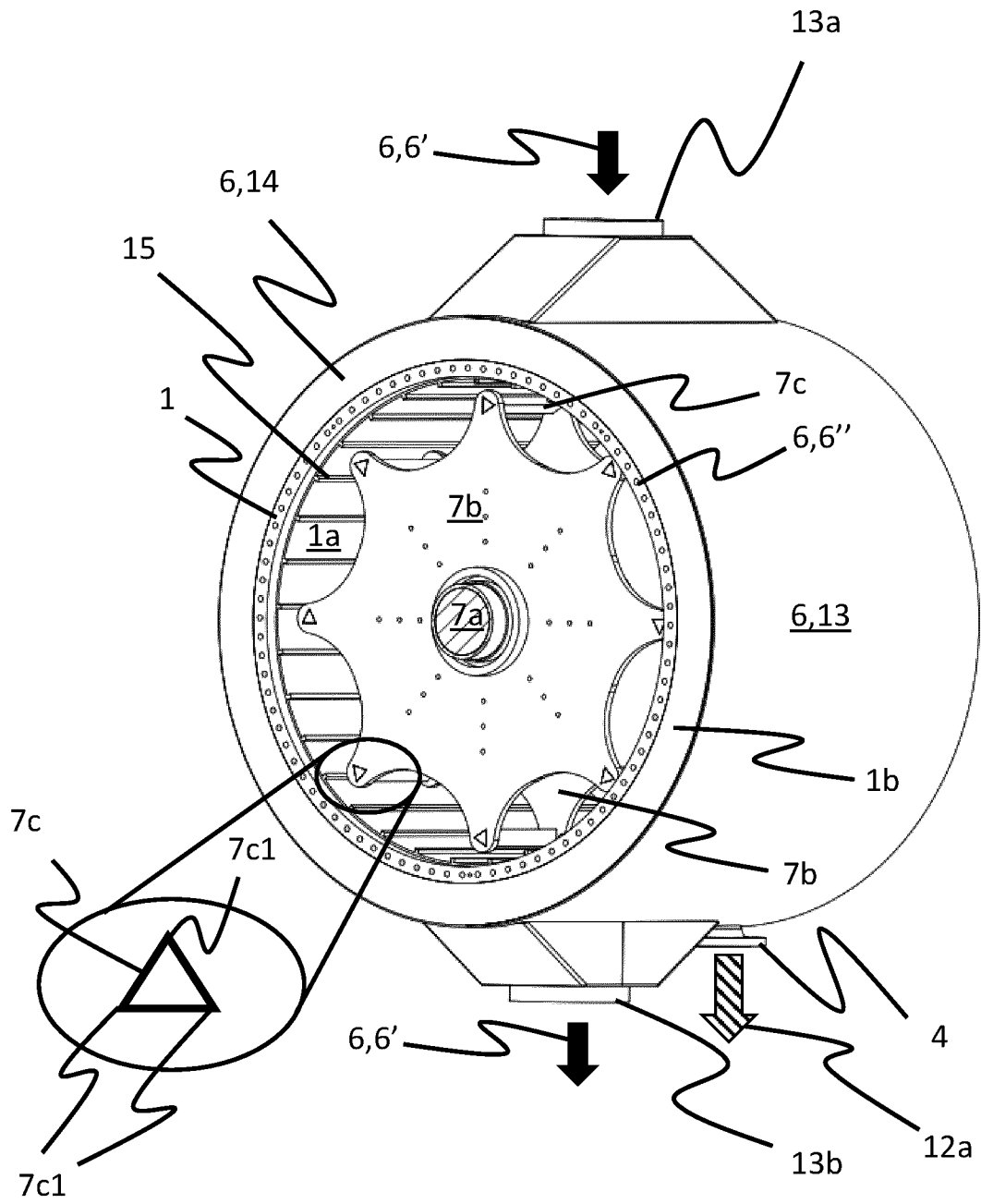
ФИГ. 6



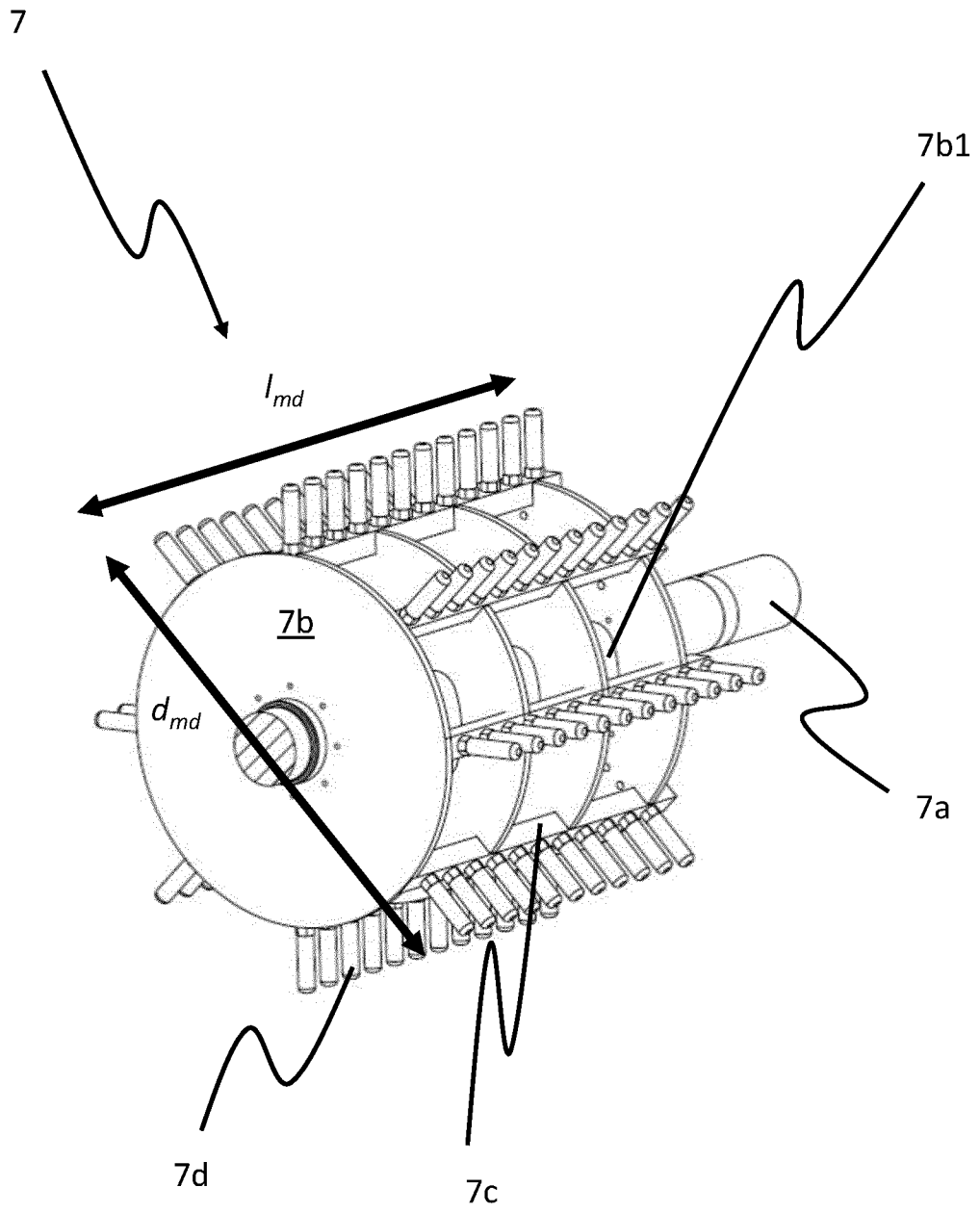
ФИГ. 7



ФИГ. 8



ФИГ. 9



ФИГ. 10