

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044578**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.09.07

(51) Int. Cl. **C12P 5/02 (2006.01)**

(21) Номер заявки
202191688

(22) Дата подачи заявки
2019.11.28

(54) **СПОСОБ (ВАРИАНТЫ) И УСТАНОВКА (ВАРИАНТЫ) ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО ГИДРОЛИЗА ЖИДКОГО СУБСТРАТА, А ТАКЖЕ СПОСОБ (ВАРИАНТЫ) МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГИДРОЛИЗА ЖИДКОГО СУБСТРАТА**

(31) **18213186.2**

(56) WO-A1-2011006854
WO-A1-2017023561
EP-A1-3156374

(32) **2018.12.17**

(33) **EP**

(43) **2021.11.09**

(86) **PCT/EP2019/082945**

(87) **WO 2020/126397 2020.06.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
КАМБИ ТЕКНОЛОДЖИ АС (NO)

(72) Изобретатель:
**Хольте Ханс Расмус, Лиллебё Андреас
Хелланн (NO)**

(74) Представитель:
Хмара М.В. (RU)

(57) Способ и установка для гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% для использования в анаэробной ферментации, сбраживании или другом процессе, направленном на производство или экстракцию метана или других ценных веществ, при этом способ и установка основаны на использовании вакуума и нескольких пульперов и одного или нескольких последовательно соединенных испарительных резервуаров для поэтапного предварительного нагрева и снижения давления соответственно.

B1

044578

044578

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способам и установкам, в которых используются процессы термического гидролиза (ТГ), в которых для предварительного нагрева и снижения давления соответственно используются пульперы и испарительные резервуары. Настоящее изобретение также относится к способам модернизации существующих установок, в которых используются процессы термического гидролиза (ПТГ).

Уровень техники

Процесс термического гидролиза (ПТГ) - это процесс, в котором мокрый или влажный материал обрабатывается при повышенных температурах, обычно от 140 до 220°C, за которым может последовать паровой взрыв при быстром снижении парциального давления пара.

ПТГ с последующим паровым взрывом в основном используется для предварительной обработки твердых биологических отходов перед анаэробным сбраживанием. Однако другие материалы могут быть предварительно обработаны таким же образом, после чего они могут быть дополнительно обработаны с помощью широкого спектра других процессов, протекающих на выходе.

Процессы термического гидролиза могут быть рассчитаны как на периодическое действие, так и на непрерывный режим. Способы и установки по настоящему изобретению актуальны как для ПТГ, предназначенных для периодического действия, так и для ПТГ, предназначенных для непрерывного режима. Кроме того, способы по настоящему изобретению могут быть использованы как на новых установках, так и внедрены в существующие установки путем модернизации, включающие установку соответствующего дополнительного оборудования и внесение соответствующих изменений.

Материал, который обрабатывается в ПТГ, можно назвать "субстратом". Субстрат обрабатывают требуемым парциальным давлением пара. В периодическом процессе время, в течение которого субстрат поддерживается в требуемых условиях в реакторе, называется "временем удержания". Для непрерывного процесса среднее время пребывания в реакторе - это величина, которая может быть рассчитана на основе общего хода всего процесса.

Субстрат будет подвергаться быстрому снижению давления и подвергнется паровому взрыву, когда он будет выгружен из реактора ПТГ через сопло в испарительный резервуар. Это открывает клеточные стенки, разрушает органические вещества, уменьшает размеры частиц и вязкость субстрата. Мгновенно образующийся пар, образующийся в результате взрыва пара, может быть использован для предварительного нагрева субстрата в сосуде под давлением, который можно назвать пульпером. Использование мгновенно образующегося пара для предварительного нагрева субстрата перед реакторной обработкой важно для достижения высокой энергоэффективности и низкого расхода пара.

В WO 1996/009882 (US 5888307) описаны способы и средства для гидролиза органических веществ. Описанные процессы не включают ни использование вакуума, ни испарение путём внезапного понижения давления, ни использование полученного в результате любого такого процесса пара для прямого впрыска пара для предварительного нагрева поступающего сырья.

В WO 2011/006854 описаны способы и средства для гидролиза органических веществ, включающие ПТГ и паровой взрыв, где пар, образующийся в результате внезапного понижения давления, возвращается в резервуар предварительного нагрева. В процессе, описанном в WO 2011/006854, используют жидкость или пар под высоким давлением для создания движущего потока в эжекторе для смешивания пара, поступающего со стороны всасывания, с основным потоком, отводимым в сосуд при атмосферном или более высоком давлении.

Способ, описанный в настоящем изобретении, отличается тем, что система, используемая для создания вакуума, работает не на паре, а только на неконденсирующихся газах. Это позволяет системе, используемой для создания вакуума в настоящем изобретении, работать при более низких давлениях, температурах, объемном расходе и массовом расходе по сравнению со способом, описанным в WO 2011/006854. Это делает систему, описанную в настоящем изобретении, более энергоэффективной, более надежной и простой в эксплуатации по сравнению со способом, описанным в WO 2011/006854.

WO 2014/123426 описывает дополнительные способы и средства для гидролиза органических веществ с использованием ПТГ и парового взрыва. Аналогично WO 1996/009882 (US 5888307), этот способ не включает использование вакуума, с мгновенным парообразованием ниже давления окружающей среды, ни использование полученного в результате любого такого процесса пара для прямого впрыска пара для предварительного нагрева поступающей подачи.

US 2003121851 описывает способы и средства для гидролиза органического вещества, включающие добавление КОН и стадию обезвоживания после ПТГ. Утилизация мгновенно образующегося пара аналогична тому, что описано в документе WO 1996/009882, и, следовательно, не предполагает ни использования вакуума, мигающего ниже давления окружающей среды, ни использования полученного мгновенно образующегося пара в результате любого такого процесса для прямого впрыска пара для предварительного нагрева поступающего сырья.

US 6281300 описывает способы и средства для гидролиза органического вещества. Описанные процессы не предполагают использования вакуума. Кроме того, процесс специально разработан для производства полимеров, что не является целью настоящей инновации. Полимеры могут составлять часть суб-

стратов, подвергаемых обработке в настоящем изобретении, и, кроме того, может иметь место некоторая полимеризация. Однако основная цель настоящей инновации заключается в гидролизе и паровом взрыве перед последующей переработкой. Примеры последующей обработки включают в том числе обезвоживание, ферментативную обработку, анаэробное сбраживание и ферментацию.

US 2014120594 описывает способы и средства для гидролиза органического вещества и сосредоточен на предварительной обработке древесного сырья для производства сахаров, которые ферментируются в "спирты". Описано, что процессы могут иметь до 8 стадий промывки и что для предварительного нагрева можно использовать мгновенно образующийся пар. Даже если упоминаются вакуум и давление ниже окружающего, это связано с испарителями в попытке сконцентрировать обработанный материал и, таким образом, не для прямого впрыска пара для предварительного нагрева сырья.

US 2018201517 описывает способы и средства для гидролиза органического вещества и упоминает, что гидролизированный субстрат может пропускаться через котел-утилизатор для получения пара. Использование вакуума не упоминается, и описанные процессы потребовали бы больших поверхностей нагрева из-за плохой теплопередачи, образования накипи и загрязнения вязкими гидролизированными субстратами. Кроме того, описанные процессы не позволили бы производить пар при давлении ниже давления окружающей среды. Для сравнения, настоящее изобретение устраняет (или, скорее, обходит стороной) проблему теплопередачи и риск образования накипи и загрязнения за счет использования прямого впрыска пара, а также позволяет использовать пар при давлении ниже давления окружающей среды для предварительного нагрева субстрата.

В US 2009032464 описаны способы и средства для гидролиза органического вещества и упоминается, что мгновенное парообразование может происходить в условиях вакуума. Однако в описанных процессах горячий пар поступает в теплообменник, который, возможно, может выполнять функцию охладителя конденсатора. В нем также описываются замкнутые контуры с циркулирующей охлаждающей/нагревающей средой для рекуперации тепла для предварительного нагрева субстрата и для целей высушивания. В отличие от этого, настоящее изобретение предусматривает использование мгновенно образующегося пара для предварительного нагрева подачи путем прямого впрыска пара.

В СА 2992657 описан способ термического гидролиза субстрата с использованием по меньшей мере трех реакторов ПТГ параллельно. Использование вакуума не упоминается, и описанные процессы не предполагают использования полученного в результате любого такого процесса мгновенно образующегося пара для прямого впрыска пара для предварительного нагрева поступающего сырья в пульпере.

В WO 2013/163998 A1 описан способ непрерывной обработки биологического материала при повышенном давлении перед анаэробным сбраживанием, при котором биологический материал переносится из устройства подачи в реактор посредством перепада давления или силы тяжести. Использование вакуума не упоминается, и описанные процессы не предполагают использования полученного в результате любого такого процесса мгновенно образующегося пара для прямого впрыска для предварительного нагрева поступающего сырья в пульпер.

Как видно из приведенного выше, соответствующие способы и установки, известные из уровня техники, в основном описываются как имеющие одну стадию предварительного нагрева и одну стадию мгновенного парообразования, и субстрат, подаваемый в процесс, составляет около 10-30°C, и чаще всего около 15°C. Кроме того, даже если в предшествующем уровне техники упоминаются несколько испарительных резервуаров, а также вакуум и давление ниже окружающего, это связано с охладителями конденсатора или испарителями, используемыми в попытке концентрировать обработанный материал, и, таким образом, а не с прямым впрыском пара для предварительного нагрева подаваемого материала в емкость для предварительного нагрева, поддерживаемую ниже окружающего давления. Таким образом, уровень техники не охватывает способ, включающий промывку при давлении ниже давления окружающей среды и использование полученного пара при мгновенном парообразовании для прямого впрыска пара для предварительного нагрева поступающего сырья в сосуд предварительного нагрева, поддерживаемый ниже давления окружающей среды, для облегчения передачи пара при мгновенном парообразовании.

В отличие от предшествующего уровня техники, настоящее изобретение основано на поддержании частей системы ниже давления окружающей среды путем удаления неконденсирующихся газов с помощью вакуумной системы и по меньшей мере двух последовательно расположенных пульперов и двух испарительных резервуаров для ступенчатого предварительного нагрева и снижения давления соответственно, путем мгновенного парообразования ниже уровня жидкости в обоих пульперах. В качестве альтернативы в системе может быть на один меньше испарительных резервуаров, чем количество пульперов, но минимум два пульпера и один испарительный резервуар, если реакторам разрешено сбрасывать давление путем передачи горячего пара из верхнего пространства реактора в пульпер, работающий при самой высокой температуре, до тех пор, пока эти емкости не будут в равновесии перед сбросом жидкого содержимого в испарительный резервуар. Таким образом, настоящее изобретение удовлетворяет растущую потребность в оптимизации энергопотребления за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению с процессами известного уровня техники, например, как показано на примере процессов, описанных в WO 2011/006854.

Раскрытие сущности изобретения

Как указано выше, установки ПТГ, известные из предшествующего уровня техники, в основном имеют один резервуар для предварительного нагрева и один резервуар для мгновенного парообразования, и субстрат, подаваемый в ПТГ, составляет около 5-30°C, чаще всего около 15°C, если только система предварительного нагрева не используется для предварительного нагрева подачи до температур, превышающих 50°C. Таким образом, мгновенно образующийся (горячий) пар от парового взрыва в испарительном резервуаре обычно нагревает пульпер примерно до 85-100°C, чаще всего около 90°C.

Кроме того, пульпер обычно поддерживается при давлении окружающей среды, поэтому температура подачи выше приблизительно 23-25°C, удельная температура, зависящая от удельных тепловых потерь конкретного процесса, приведет к кипению в пульпере и потере тепловой энергии. В качестве альтернативы и в пульпере, и в испарительном резервуаре поддерживают давление, более высокое, чем давление окружающей среды, чтобы предотвратить кипение в пульпере, но это также приведет к потере тепловой энергии из-за более высоких температур в обработанном субстрате, выгружаемом из ПТГ. В редких случаях, когда доступно большое количество низкотемпературного тепла, которое в противном случае было бы потрачено впустую, может быть целесообразно использовать горячую воду для разбавления биологических отходов, таких как пищевые отходы, перед обработкой в ПТГ. Чтобы избежать закипания пульпера, на испарительном резервуаре можно установить охладитель, чтобы уменьшить количество пара, возвращаемого в пульпер. Это позволяет извлечь пользу из более низкой вязкости субстрата, возникающей в результате более высокой температуры субстрата перед обработкой ПТГ, предотвращая при этом закипание пульпера.

В отличие от этого, в настоящем изобретении используются по меньшей мере два последовательно расположенных сосуда предварительного нагрева и два последовательно расположенных сосуда мгновенного парообразования для ступенчатого предварительного нагрева и снижения давления соответственно. Оптимальная температура и давление в этих сосудах зависят от температуры подачи в ПТГ. Таким образом, при температурах подачи ниже примерно 50 и 165°C в реакторе, определенном давлении удержания и погружении трубок для выпаривания пара примерно на 3 м в пульперах, давление как во втором резервуаре для выпаривания, так и в первом пульпере будет поддерживаться ниже окружающего с помощью вакуумной системы, подключенной к первому пульперу. Однако настоящее изобретение также рассматривает процессы, в которых давление в первых резервуарах предварительного нагрева ниже давления окружающей среды, в то время как давление во втором резервуаре предварительного нагрева выше давления окружающей среды. Таким образом, например, давление во втором сосуде предварительного нагрева может составлять давление 1,1 бар абс., в то время как в первом сосуде предварительного нагрева может быть давление 0,8 бар абс. Такой сценарий позволил бы обеспечить температуру подачи несколько выше 50°C при сохранении надлежащего использования процессов настоящего изобретения. Вакуумная система способов и установок настоящего изобретения, таким образом, необходима для достижения снижения расхода пара за счет последовательного использования двух сосудов предварительного нагрева и двух сосудов мгновенного испарения. Когда субстрат находится в нормальном диапазоне температур (10-30°C), первый нагревательный сосуд поддерживается при давлении, которое значительно ниже давления окружающей среды, чтобы обеспечить передачу пара низкой температуры из вторых сосудов мгновенного испарения в первый сосуд предварительного нагрева. Это выполняется при одновременном регулировании давления в обоих сосудах предварительного нагрева для предотвращения закипания.

Мгновенно образующийся пар обычно впрыскивается ниже уровня жидкости в обоих сосудах предварительного нагрева. Это гарантирует, что пар конденсируется в жидкости, в то время как другие неконденсирующиеся газы проходят через жидкость и попадают в незаполненное пространство. Впрыск горячего пара через тщательно спроектированные точки впрыска способствует перемешиванию субстрата в процессе предварительного нагрева. Однако возможны и другие способы впрыска пара, такие как механическое перемешивание. Такие методы, например, основаны на впрыске пара в трубопровод с последующим использованием механических смесителей для обеспечения полной конденсации всего пара. Однако, поскольку известно, что последние системы подвержены утечкам и износу, а также, учитывая присутствие H₂S и тиолов, предпочтителен первый метод, основанный на впрыске мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости в пульперах. Датчики температуры и давления используются для расчета парциального давления пара и других неконденсирующихся газов в незаполненном пространстве сосудов предварительного нагрева. Входные сигналы от этих приборов используются для управления клапаном, который выпускает газы из сосудов. Газы из второго (горячего) сосуда предварительного нагрева отводятся до уровня ниже уровня жидкости в первом (холодном) сосуде предварительного нагрева. Это гарантирует, что пар, переносимый с технологическим газом, используется для предварительного нагрева в первом сосуде. Парциальное давление неконденсирующихся газов в первом сосуде предварительного нагрева будет поддерживаться на желаемом уровне. Желаемое парциальное давление неконденсирующихся газов в незаполненном пространстве первого нагревательного сосуда будет зависеть от конкретного используемого субстрата и температуры подачи. При более низком общем давлении в сосуде предварительного нагрева из подключенного испарительного резервуара выделяется больше мгновенно

но образующегося пара, в то время как больше тепла теряется в вакуумной системе, поскольку соотношение между паром и неконденсируемыми газами увеличивается. Измерения количества неконденсирующихся газов, выделяющихся из различных видов сырья во время обработки ПТГ, показывают, что оптимальный объемный процент неконденсирующихся газов в большинстве случаев будет составлять от 10 до 35%. При этом оптимуме производная равна нулю для функции, описывающей теплопотери в вакуумной системе и энергию, извлекаемую из подключенного испарительного резервуара. Модели, имитирующие процесс и работающие с данными в реальном времени с соответствующей установки, могут использоваться для непрерывной настройки уставок процесса для обеспечения оптимальной производительности установки.

Поэтому целью настоящего изобретения является обеспечение процессов и установок, которые в контексте процессов, включающих ПТГ и паровой взрыв, позволяют оптимизировать потребление пара за счет достижения более низкого потребления пара по сравнению с процессами известного уровня техники.

Еще одной целью настоящего изобретения является обеспечение способов и установок, которые в контексте процессов, включающих ПТГ и паровой взрыв, позволяют оптимизировать потребление пара за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению со способами уровня техники и которые просты и легко интегрируются в существующие установки очистки сточных вод путем модернизации.

Наконец, это является целью настоящего изобретения путем использования методов настоящего изобретения в качестве дополнения путем дооснащения любого процесса термического гидролиза холодной подачей и теплой отводимой жидкостью. Таким образом, способы настоящего изобретения могут быть объединены с процессами, описанными, например, в WO 2011/006854 и WO 2014/123426, и другими аналогичными процессами термического гидролиза с целью улучшения рекуперации тепла и снижения общего потребления энергии.

Эти и другие задачи решаются настоящим изобретением.

Соответственно, в первом аспекте изобретения предложен способ для гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30%, предпочтительно от 14 до 20% и температуре от 10 до 30°C, предназначенного для использования в анаэробной ферментации, сбраживании или ином процессе, направленном на производство или экстракцию метана и других ценных веществ, отличающийся тем, что:

a) указанный жидкий субстрат переносят, предварительно нагревают и смешивают в первом пульпере, который работает при температуре от 40 до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс., путем впрыска мгновенно образующегося пара из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара;

b) указанное давление от 0,2 до 0,9 бар абс., при котором работает указанный первый пульпер, поддерживается вакуумной системой, работающей для максимизирования конденсации любых конденсирующихся паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в указанном первом пульпере;

c) указанная вакуумная система также способна максимизировать сжатие любых оставшихся неконденсирующихся паров и подключена к блоку впрыска, который способен впрыскивать указанные неконденсирующиеся пары в расположенный ниже по потоку анаэробный биореактор, ферментер или любую другую систему обработки технологического газа;

d) указанный предварительно нагретый жидкий субстрат переносят из упомянутого первого пульпера во второй пульпер, который работает при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс., и при этом упомянутый жидкий субстрат подвергают дальнейшему перемешиванию и предварительному нагреву путем впрыска мгновенно образующегося пара из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара;

e) указанный дополнительно предварительно нагретый жидкий субстрат переносят из указанного второго пульпера в один или более реакторов, работающих параллельно или последовательно, в которых указанный жидкий субстрат нагревают до температур в диапазоне от 140 до 180°C и при давлении от 3,6 до 10 бар абс.;

f) указанный жидкий субстрат переносят из указанного одного или нескольких реакторов, работающих последовательно или параллельно, в первый испарительный резервуар, работающий при температуре от 100 до 140°C и давлении от 1 до 3,6 бар абс., в результате чего происходит снижение давления, и откуда горячий пар, полученный в результате указанного снижения давления, переносится во второй пульпер, работающий при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс.;

g) указанный жидкий материал переносят из указанного первого испарительного резервуара во второй испарительный резервуар, работающий при температуре от 70 до 100°C и давлении от 0,35 до 1 бар абс., в результате чего происходит дальнейшее снижение давления, и откуда мгновенно образующийся пар, полученный в результате упомянутого дальнейшего снижения давления во второй испарительный резервуар, переносится в указанный первый пульпер, работающий при температуре от 40 до 90°C и при давлении от 0,2 до 0,9 бар абс. посредством указанной вакуумной системы.

Данный способ совершенствует и/или оптимизирует потребление пара за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению с процессами, описанными на предыдущем уровне техники. Что ка-

сается температур и давлений, указанных в пунктах а), b), d), e) и f) выше, специалист легко поймет, что в идеальном сценарии парциальное давление пара, например, при 40, 90 и 140°C будет составлять 0,07, 0,7 и 3,6 бар абс. соответственно. Аналогично, в идеальном сценарии парциальное давление пара составляет 3,3 бар абс. при температуре 137, а не 135°C. Иными словами, указанные температуры и давления не соответствуют линии насыщения пара. Однако, поскольку процессы и способы настоящего изобретения во многих вариантах осуществления также будут включать присутствие других неконденсирующихся газов, давления и температуры, указанные в пунктах а), b), d), e) и f) выше, в определенной степени округлены, чтобы также учитывать возможное присутствие любых таких других неконденсирующихся газов.

В варианте осуществления первого аспекта изобретения указанный способ дополнительно характеризуется тем, что соединенный пароохладитель работает для удаления любых паров, конденсирующихся ниже рабочей температуры указанного первого пульпера, и что указанная вакуумная система работает для максимизирования конденсации любых конденсирующихся паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в указанном первом пульпере или в указанном соединенном пароохладителе.

Этот вариант осуществления дополнительно увеличивает и/или оптимизирует потребление пара за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению с процессами, известными из уровня техники

Во втором аспекте изобретения, предусмотрена установка для гидролиза жидкого субстрата, с содержанием твердых веществ в диапазоне от 2 до 30%, предпочтительно от 14 до 20%, и температуре от 10 до 30°C, предназначенного для использования в анаэробной ферментации, сбраживании или ином процессе, направленном на получение или экстракцию метана или других ценных веществ, при этом указанная установка включает в себя:

а) первый пульпер для перемешивания и предварительного нагрева упомянутого жидкого субстрата, в который переносится упомянутый жидкий субстрат и который работает при температуре от 40°C до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс. путем впрыска мгновенно образующегося пара из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара;

b) вакуумная система для поддержания указанного давления от 0,2 до 0,9 бар абс., при котором работает указанный первый пульпер, вакуумная система которого работает для максимизирования конденсации любых конденсируемых паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в упомянутом первом пульпере, и для максимизирования сжатия любых оставшихся неконденсирующихся паров и оставшихся конденсирующихся паров;

с) блок впрыска, который способен впрыскивать указанные неконденсирующиеся пары в расположенный ниже по потоку анаэробный биореактор или устройство для обработки технологического газа, подключенное к указанной вакуумной системе;

d) второй пульпер, который работает при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс., в который указанный предварительно нагретый жидкий субстрат переносится из упомянутого первого пульпера и в котором указанный жидкий субстрат подвергается дальнейшему перемешиванию и предварительному нагреву путем впрыска мгновенно образующегося пара из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара;

e) один или более реакторов, работающих параллельно или последовательно, в которые из упомянутого второго пульпера переносится упомянутый дополнительный предварительно нагретый жидкий субстрат и в которых упомянутый жидкий субстрат нагревается до температур в диапазоне от 140 до 180°C и при давлении от 3,6 до 10 бар абс.;

f) первый испарительный резервуар, в который указанный жидкий субстрат переносится из указанного одного или нескольких реакторов, работающих последовательно или параллельно, причем указанный первый испарительный резервуар работает при температуре от 100 до 140°C и давлении от 1 до 3,6 бар абс., посредством чего происходит снижение давления, и из которого мгновенно образующийся пар, полученный в результате указанного снижения давления, переносится в указанный второй пульпер, работающий при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс.;

g) второй испарительный резервуар, в который указанный жидкий материал переносится из указанного первого испарительного резервуара, при этом указанный второй испарительный резервуар работает при температуре от 70 до 100°C и давлении от 0,3 до 1 бар абс., в результате чего происходит дальнейшее снижение давления, и из которого мгновенно образующийся пар, возникающий в результате указанного дальнейшего снижения давления во втором испарительном резервуаре, перемещают в указанный первый пульпер, работающий при температуре от 40 до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс. посредством указанной вакуумной системы.

Эта установка увеличивает и/или оптимизирует потребление пара за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению с процессами, описанными в известном уровне техники. Что касается температур и давлений, указанных в пунктах а), b), d), e) и f) выше, специалист легко поймет, что в идеальном сценарии парциальное давление пара, например, при 40, 90 и 140°C будет составлять 0,07, 0,7 и 3,6 бар абс. соответственно. Аналогично, в идеальном сценарии парциальное давление пара составляет 3,3 бар абс. при температуре 137, а не 135°C. Иными словами, указанные температуры и давления не со-

ответствуют линии насыщения пара. Однако, поскольку процессы и способы настоящего изобретения во многих вариантах осуществления также будут включать присутствие других неконденсирующихся газов, давления и температуры, указанные в пунктах а), b), d), e) и f) выше, в определенной степени округлены, чтобы также учитывать возможное присутствие любых таких других неконденсирующихся газов.

В варианте реализации второго аспекта изобретения установка дополнительно содержит подключенный охладитель пара, работающий для удаления любых паров, конденсирующихся ниже рабочей температуры упомянутого первого пульпера, при этом указанная вакуумная система выполняет следующие функции:

максимизирование конденсации любых конденсируемых паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в упомянутом первом пульпере или в упомянутом подключенном пароохладителе, работающем для удаления любых паров, конденсирующихся ниже рабочей температуры упомянутого первого пульпера; и

максимальное сжатие любых оставшихся неконденсирующихся паров.

Этот вариант осуществления дополнительно увеличивает и/или оптимизирует потребление пара за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению с процессами, известными из уровня техники.

Любой из вариантов осуществления первого аспекта изобретения может быть объединен с любым из вариантов осуществления второго аспекта.

В третьем аспекте изобретения предусмотрен способ для модернизации существующей установки для термического гидролиза жидкого субстрата, с содержанием твердых веществ в диапазоне от 2 до 30%, предпочтительно от 14 до 20% и температурой от 10 до 30°C, предназначенного для использования в анаэробной ферментации, сбраживания или иного процесса, направленного на создание или экстракцию метана и других ценных веществ, благодаря чему модернизация обеспечивает, что указанная установка включает как минимум следующие компоненты:

а) первый пульпер для перемешивания и предварительного нагрева упомянутого жидкого субстрата, в который переносится упомянутый жидкий субстрат и который работает при температуре от 40 до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс. путем впрыска мгновенно образующегося пара из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара;

б) вакуумная система для поддержания указанного давления от 0,2 до 0,9 бар абс., при котором работает указанный первый пульпер, при этом вакуумная система работает для максимизирования конденсации любых конденсируемых паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в упомянутом первом пульпере, и для максимизирования сжатия любых оставшихся неконденсирующихся паров;

в) блок впрыска, который способен впрыскивать указанные неконденсирующиеся пары в расположенный ниже по потоку анаэробный биореактор или устройство для обработки технологического газа, подключенное к указанной вакуумной системе;

д) второй пульпер, который работает при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс., в который указанный предварительно нагретый жидкий субстрат переносится из упомянутого первого пульпера и в котором указанный жидкий субстрат подвергается дальнейшему перемешиванию и предварительному нагреву путем впрыска мгновенно образующегося пара из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара;

е) один или более реакторов, работающих параллельно или последовательно, в которые из упомянутого второго пульпера переносится упомянутый дополнительный предварительно нагретый жидкий субстрат, и в которых упомянутый жидкий субстрат нагревается до температур в диапазоне от 140 до 180°C и при давлении от 3,6 до 10 бар абс.;

ф) первый испарительный резервуар, в который указанный жидкий субстрат переносится из указанного одного или нескольких реакторов, работающих последовательно или параллельно, причем указанный первый испарительный резервуар работает при температуре от 100 до 140°C и давлении от 1 до 3,6 бар абс., посредством чего происходит снижение давления, и из которого мгновенно образующийся пар, полученный в результате указанного снижения давления, переносится в указанный второй пульпер, работающий при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс.;

г) второй испарительный резервуар, в который указанный жидкий материал переносится из указанного первого испарительного резервуара, при этом указанный второй испарительный резервуар работает при температуре от 70 до 100°C и давлении от 0,3 до 1 бар абс., в результате чего происходит дальнейшее снижение давления, и из которого мгновенно образующийся пар, возникающий в результате указанного дальнейшего снижения давления во втором испарительном резервуаре, перемещают в указанный первый пульпер, работающий при температуре от 40 до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс. посредством указанной вакуумной системы.

Этот способ модернизации увеличивает и/или оптимизирует расход пара за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению с процессами известного уровня техники. Что касается температур и давлений, указанных в пунктах а), b), d), e) и f) выше, специалист легко поймет, что в идеальном сценарии парциальное давление пара, например, при 40, 90 и 140°C будет составлять 0,07, 0,7 и 3,6 бар абс. соответственно. Аналогично, в идеальном сценарии парциальное давление пара составляет 3,3 бар абс.

при температуре 137, а не 135°C. Иными словами, указанные температуры и давления не соответствуют линии насыщения пара. Однако, поскольку процессы и способы настоящего изобретения во многих вариантах осуществления также будут включать присутствие других неконденсирующихся газов, давления и температуры, указанные в пунктах а), b), d), e) и f) выше, в определенной степени округлены, чтобы также учитывать возможное присутствие любых таких других неконденсирующихся газов.

В варианте осуществления третьего аспекта изобретения способ модернизации дополнительно включает обеспечение того, чтобы указанная установка содержала подключенный охладитель пара, работающий для удаления любых паров, конденсирующихся ниже рабочей температуры упомянутого первого пульпера, и чтобы указанная вакуумная система выполняла следующие функции:

максимизировать конденсацию любых конденсирующихся паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в упомянутом первом пульпере или в упомянутом соединенном пароохладителе, работающем для удаления любых паров, конденсирующихся ниже рабочей температуры упомянутого первого пульпера; и

максимизировать сжатие любых оставшихся неконденсирующихся паров.

Этот способ модернизации дополнительно увеличивает и/или оптимизирует расход пара за счет достижения более низкого расхода пара по сравнению с процессами предшествующего уровня техники.

Любой из вариантов осуществления первого аспекта и второго аспекта изобретения может быть объединен с любым из вариантов осуществления третьего аспекта.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 и 2 показаны два различных варианта осуществления установки в соответствии с настоящим изобретением для выполнения способа в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 3 и 4 показаны два различных, особенно предпочтительных варианта осуществления установки в соответствии с настоящим изобретением для выполнения способа в соответствии с настоящим изобретением, в котором используется барометрическая перекачка.

Подробное описание изобретения

Ниже настоящее изобретение будет описано более подробно со ссылкой на номенклатуру, также используемую на прилагаемых фиг. 1-4.

Настоящее изобретение относится к способам и установкам, в которых используются процессы термического гидролиза (ПТГ) в сочетании с паровым взрывом, в которых для предварительного нагрева и снижения давления соответственно используются пульперы и испарительные резервуары. Настоящее изобретение также относится к способам модернизации существующих установок, в которых используются процессы термического гидролиза.

Как уже отмечалось выше, в настоящем изобретении используется вакуум в сочетании по меньшей мере с двумя последовательно расположенными пульперами и двумя испарительными резервуарами для ступенчатого предварительного нагрева и снижения давления соответственно.

Оптимальная температура и давление в отдельных сосудах в способе или установке в соответствии с настоящим изобретением будут зависеть от температуры при подаче в ПТГ. При температуре подачи ниже примерно 50°C давление во втором испарительном резервуаре и первом пульпере будет поддерживаться ниже температуры окружающей среды с помощью вакуумной системы, подключенной к первому пульперу. Как правило, температура в подаче на ПТГ составляет приблизительно 15°C, а нормальный диапазон составляет от 10 до 30°C, например 15-25°C. Это делает вакуумную систему необходимой для снижения расхода пара за счет использования двух пульперов и двух испарительных резервуаров. Если субстрат находится в нормальном диапазоне температур, первый пульпер поддерживается при давлении, которое значительно ниже давления окружающей среды, чтобы обеспечить передачу низкотемпературного пара из второго испарительного резервуара в первый пульпер. Это выполняется при одновременном регулировании давления в обоих пульперах, чтобы предотвратить кипение.

Мгновенно образующийся пар предпочтительно впрыскивается ниже уровня жидкости в оба пульпера. Это гарантирует, что пар конденсируется в жидкости, в то время как другие неконденсирующиеся газы проходят через жидкость и попадают в незаполненное пространство. Датчики температуры и давления используются для расчета парциального давления пара и других неконденсирующихся газов в незаполненном пространстве пульперов. Входные сигналы от этих приборов используются для управления клапаном, который выпускает газы из емкостей. Газы из второго (относительно горячего) пульпера выпускаются до уровня ниже уровня жидкости в первом (относительно холодном) пульпере. Это гарантирует, что пар, переносимый с технологическим газом, используется для предварительного нагрева в первом пульпере. Парциальное давление неконденсирующихся газов в первом пульпере будет поддерживаться на желаемом уровне. Оптимальное парциальное давление неконденсирующихся газов в незаполненном пространстве первого пульпера будет зависеть от конкретного используемого субстрата.

Как правило, температура жидкого субстрата, подаваемого на первый пульпер в способе или установке согласно настоящему изобретению будет находиться в диапазоне от 10 до 30°C, например 15-25°C, например 20-25°C, а температура гидролиза, используемая в одном или более реакторов, работающих параллельно или последовательно по потоку от второго пульпера, будет находиться в диапазоне от 140 до 180°C, например 155-165°C, приблизительно 160°C в зависимости от температуры и исходного сырья.

Как видно из вышесказанного, особенно предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения является обеспечение способов и установок (новых или модернизированных), основанных на системе с двумя пульперами и двумя испарительными резервуарами, в которой первый пульпер соединен с вакуумной системой. Специалист, однако, легко поймет, что некоторые другие варианты осуществления, характеризующиеся теми же техническими признаками, могут быть легко получены путем незначительных изменений в предпочтительных способах и установках (новых или модернизированных) настоящего изобретения, т.е. тех, которые основаны на системе с двумя пульперами и двумя испарительными резервуарами, в которых первый пульпер подключен к вакуумной системе. Некоторые из этих дополнительных вариантов осуществления, также относящихся к настоящему изобретению, будут объяснены несколько подробнее ниже.

Первый дополнительный вариант осуществления представляет собой систему, использующую два пульпера, но только один испарительный резервуар для достижения одинаково низкого расхода пара, как описано в предпочтительном варианте осуществления выше, с использованием системы с двумя пульперами и двумя испарительными резервуарами, в которой первый пульпер соединен с вакуумной системой. Это требует, чтобы первый пульпер был подключен к вакуумной системе и чтобы линия, соединяющая свободное пространство реактора (реакторов) со вторым пульпером, использовалась для разгерметизации реактора (реакторов) до тех пор, пока реактор (реакторы) и второй пульпер не будут в равновесии перед переносом жидкого субстрата из реактора (реакторов) в испарительный резервуар. В такой системе можно работать с количеством испарительных резервуаров на один меньше, чем количество пульперов, поскольку реактор будет играть аналогичную роль, как и первый испарительный резервуар в системе с четным числом пульперов и испарительных резервуаров, где жидкий субстрат переносится из реактора (реакторов) при максимальном давлении. В такой системе жидкий субстрат в реакторе (реакторах) будет кипеть по мере того, как пар будет передаваться из реактора на предварительно нагретый субстрат в пульпере. Таким образом, для предотвращения попадания жидкости в систему мгновенно образующегося пара важно, чтобы объем незаполненного пространства в реакторе (реакторах) в такой системе был большим и чтобы скорость передачи пара была низкой. Большой требуемый объем незаполненного пространства приводит к менее эффективному использованию доступного объема реактора (реакторов), а низкие скорости передачи пара увеличивают время цикла для каждого реактора. Оба эти эффекта снижают пропускную способность системы. Из-за этого более эффективно использовать четное количество пульперов и испарительных резервуаров и выгружать субстрат из реакторов при максимальном давлении.

Увеличение числа стадий мгновенного парообразования приведет к снижению общего расхода пара. В способе, основанном на а) подаче с содержанием твердых веществ 15°C и 16,5%, б) все точки впрыска мгновенно образующегося пара, погруженного на 2 м ниже уровня жидкости, с) температура реактора 165°C, d) неконденсирующиеся газы, составляющие 0,1 бар в первом пульпере, и с) отсутствие потерь тепла в окружающую среду, общий расход пара составит приблизительно 530 кг пара на тонну обработанных твердых веществ, если используются три стадии мгновенного парообразования. Для сравнения, процессы с двумя стадиями мгновенного парообразования или одной стадией мгновенного парообразования потребляют 640 и 900 кг насыщенного пара при давлении 14 бар абс. на тонну обработанных твердых веществ соответственно. Для процесса в условиях, аналогичных описанным выше, температура в первом пульпере составит приблизительно 43°C, если используются три стадии мгновенного парообразования, и 64°C, если используются две стадии мгновенного парообразования.

Вязкость большинства жидких субстратов уменьшается с повышением температуры и увеличивается с увеличением содержания веществ. Например, для таких субстратов, как осадок очистных сооружений сточных вод, вязкость обычно значительно снижается при нагревании материала от температуры окружающей среды примерно до 60°C. Вязкость продолжает снижаться при нагревании до более высоких температур, но в несколько меньшей степени. При низкой температуре в первом пульпере может возникнуть необходимость в проведении процесса с более низким содержанием веществ в сырье, чтобы поддерживать вязкость на контролируемом уровне. При аналогичных технологических условиях, описанных выше, процессы с двумя или тремя стадиями мгновенного парообразования будут иметь одинаковый расход пара на тонну обработанных твердых веществ, если содержание сухих веществ в сырье составляет 13,8 и 16,5% соответственно. Из-за этого польза от использования трех стадий мгновенного парообразования может быть упущена, если возникнет необходимость снизить содержание твердых веществ в подаваемом сырье, чтобы сохранить вязкость на управляемом уровне.

Кроме того, как известно специалистам, можно предварительно нагреть поступающий жидкий субстрат, используя горячую воду для разбавления, теплообменники или тому подобное. В таких ситуациях, т.е. если и температура подачи жидкого субстрата в первый пульпер и температура гидролиза, применяемая в одном или нескольких реакторах, работающих параллельно или последовательно после второго пульпера, достаточно высоки, рабочее давление первого пульпера, как правило, будет более 1 бар абс. Одним из примеров этого может быть процесс, в котором жидкий субстрат предварительно нагревают до температуры 40°C с небольшим количеством неконденсирующихся газов и где гидролиз проводят при температуре 220°C (и 23,2 бар абс.). В этом случае первый пульпер, как правило, будет работать при

температуре 115°C и давлении около 1,8 бар абс. Также в варианте осуществления, основанном на таких условиях эксплуатации, специалисту сразу становится очевидным, что по меньшей мере некоторые преимущества настоящего изобретения все равно будут получены. Таким образом, настоящее изобретение также будет относиться к способам и/или установкам, использующим последовательно два пульпера и два испарительных резервуара и сырье, с температурами, достаточно высокими для того, чтобы первый пульпер работал при давлении выше давления окружающей среды. Другим примером такого способа и/или установки может быть способ/установка, основанная на сырье, имеющем температуру около 65-70°C и давление для удержания в реакторе около 7 бар. Кроме того, в таком сценарии может быть полезно использовать последовательно три пульпера и три испарительных резервуара, а не по два пульпера и испарительных резервуара, поскольку это также в такой ситуации позволило бы использовать пар ниже давления окружающей среды для предварительного нагрева любого поступающего жидкого субстрата. Настоящее изобретение также будет относиться к любым таким способам и/или установкам.

Однако в большинстве ситуаций в способе или установке в соответствии с настоящим изобретением не будет уместно использовать последовательно более двух пульперов и двух испарительных резервуаров, поскольку температура жидкого субстрата и температура гидролиза будут ниже 40 и 180°C соответственно.

В известных технологических процессах в обычном вакуумном охладителе использовали бы вакуумный компрессор для создания вакуума после конденсационного охладителя. Затем охладитель конденсатора удаляет конденсирующиеся пары, чтобы вакуумный компрессор работал на оставшихся газах, часто называемых неконденсирующимися газами. В способе или установке согласно настоящему изобретению вакуумный компрессор не должен обрабатывать все пары, а работает только с неконденсируемыми газами и, следовательно, должен выполнять минимум работы. Конденсационный охладитель для использования в способе или установке в соответствии с настоящим изобретением может быть выполнен различными способами, например, как пластинчатый теплообменник, трубчатый теплообменник вертикальный или горизонтальный, реактор пленочного типа или другие решения, хорошо известные в конденсаторных технологиях, такие как вакуумные испарители. Общим для этих решений является то, что хладагент должен охлаждать поверхности нагрева, чтобы опосредованно охлаждать и конденсировать пары. Таким образом, настоящее изобретение в значительной степени устраняет необходимость в охладителе для конденсации за счет использования одного или нескольких дополнительных пульперов, обеспечивающих прямой контакт между холодным субстратом и конденсируемым паром. Благодаря этой конденсации при прямом контакте внутри пульпера холодный субстрат предварительно нагревается без каких-либо поверхностей нагрева, которые, как известно, подвержены образованию накипи. Кроме того, настоящее изобретение позволяет избежать проблем с ухудшением теплопередачи из-за образования накипи в теплообменниках. Кроме того, проблемы с теплопередачей сводятся к минимуму, так как нет тепловых поверхностей. Кроме того, настоящее изобретение сводит к минимуму необходимость в традиционных охладителях на теплых гидролизованных субстратах перед процессом ферментации, таким как анаэробное сбраживание, для получения метана.

Важным аспектом настоящего изобретения является рекуперация тепла при температурах, которые ниже по сравнению с условиями, в которых работают существующие установки ПТГ. Крайне важно, чтобы весь пар, возвращаемый в сосуды предварительного нагрева, конденсировался в субстрат, который должен быть предварительно нагрет. Это становится особенно сложным в первом пульпере, работающем при самой низкой температуре, поскольку вязкость увеличивается с понижением температуры. Однако так называемого туннелирования пара, которое характеризуется тем, что пар проходит от точки впрыска через поверхность жидкости, можно избежать, обеспечив эффективное перемешивание субстрата в сосуде предварительного нагрева. Плотность пара уменьшается с уменьшением давления. В результате объем пара, подаваемого в первый сосуд предварительного нагрева, в большинстве сценариев будет большим. Этот эффект можно разрабатывать и использовать для перемешивания субстрата в сосуде предварительного нагрева путем впрыска пара в тщательно спроектированные точки впрыска. Это позволяет обрабатывать высоковязкие субстраты с высоким содержанием твердых веществ, например, выше 10%, несмотря на более низкие температуры по сравнению с существующими процессами термического гидролиза. Эффективное перемешивание важно не только для обеспечения конденсации всего пара, возвращаемого в сосуды предварительного нагрева, но и для гомогенизации субстрата перед дальнейшей обработкой. Таким образом, гомогенизация субстрата перед обработкой в реакторах также обеспечивает более полный гидролиз. Конденсация паров H₂O в холодном субстрате может вызвать сильные вибрации из-за взрывов. Сила взрывов зависит от давления и температуры в паровой фазе, а также размера пузырьков пара и температуры субстрата. Большая разница температур и перепад давления вызывают самые сильные вибрации. Обычным способом снижения разности температур и давлений между паром и жидкостью было бы снижение давления в парах с помощью механизма снижения давления, такого как редукционный клапан, регулирующий клапан или любой другой тип ограничения, который вызывает падение давления в линии подачи пара. Пары, которые были сброшены в испарительном резервуаре (резервуарах), не будут паром чистой воды и содержат компоненты, которые, как известно, вызывают образование накипи и закупорки при таких ограничениях. Вместо этого в способе или установке в соответст-

вии с настоящим изобретением используется вакуумный компрессор для снижения давления и создания вакуума после удаления паров H_2O и загрязняющих веществ путем конденсации и впрыска через пульпер в непосредственном контакте с холодным субстратом с рН в диапазоне 3,5-8,5. Способ или установка согласно настоящему изобретению, таким образом, снижает давление пара без снижения давления в системе механизмов, происходящих в паровой фазе и до такой степени, что пульпер (пульперы) может работать при сравнительно низких температурах, как правило, 40-85°C, более типично 50-70°C, и даже, как правило, в диапазоне 58-68°C, с минимумом вибраций и обеспечивая большую степень рекуперации тепла. Одним примером конкретного полезного варианта реализации способа или установки согласно настоящему изобретению может быть обработка щелочного субстрата с рН в диапазоне 7,0-8,5. Другим примером конкретного полезного варианта осуществления способа или установки согласно настоящему изобретению будет обработка субстрата с рН в диапазоне 3,5-7,0.

Для большинства соответствующих субстратов вязкость увеличивается с увеличением концентрации твердых веществ, в то время как вязкость уменьшается с повышением температуры. Вязкость необработанных субстратов, таких как шлам, обычно значительно снижается при нагревании от температуры окружающей среды примерно до 60-65°C. Нагрев до еще более высоких температур приведет к дальнейшему снижению вязкости. Настоящее изобретение позволяет работать при высокой концентрации твердых веществ. Как известно специалистам, высокие концентрации твердых веществ сами по себе будут способствовать снижению расхода пара на величину примерно 10-30% в зависимости от характеристик субстрата. Кроме того, способ или установка в соответствии с настоящим изобретением с двумя пульперами и двумя испарительными резервуарами снижает общий расход пара по сравнению с ПТГ предшествующего уровня техники на 25-40% в зависимости от температуры при подаче в ПТГ.

Еще один предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения заключается в том, чтобы пульпер (пульперы) включал систему ввода пара, которая обеспечивает высокоинтенсивное перемешивание за счет использования объемных паров в условиях вакуума. Это дает дополнительное преимущество настоящего изобретения, поскольку во второй пульпер (пульперы) будет поступать предварительно нагретое сырье при температуре примерно 50-80°C, а точнее 60-70°C, это снизит требования к перемешиванию и приведет к уменьшению расчетного объема по сравнению с пульперами в обычных системах ПТГ. Кроме того, уменьшилась бы необходимость в механическом перемешивании как таковом. Независимо от того, какие средства смешивания используются в определенном варианте реализации, улучшенное перемешивание может быть достигнуто за счет оптимизированной ориентации насадок и дополнительной перекачки. В типичном сценарии в первый пульпер обычно поступает сырье при температуре около 15°C, которое нагревается примерно до 65°C. Затем во второй пульпер поступает сырье при температуре около 65°C, которое затем дополнительно нагревается до температуры выше 100°C.

Еще один особенно предпочтительный вариант реализации способа или установки в соответствии с настоящим изобретением включает использование перепадов давления для перемещения жидких субстратов как в первый пульпер, так и между различными расположенными ниже по потоку сосудами, т. е. так называемое барометрическое перекачивание. В некоторых вариантах реализации барометрическое перекачивание будет использоваться на всех этапах, включающих перенос жидкого субстрата в первый пульпер и между различными расположенными ниже по потоку сосудами. В других вариантах реализации барометрическое перекачивание будет использоваться только на некоторых этапах, включающих перенос жидкого субстрата в первый пульпер и/или между различными расположенными ниже по потоку сосудами. В последнем случае перенос жидкого субстрата, таким образом, также может быть частично осуществлен обычными насосами (центробежными или полостными насосами с прогрессивной скоростью).

На фиг. 3 и 4 показаны два таких различных, особенно предпочтительных варианта реализации системы в соответствии с настоящим изобретением, в которых используется барометрическая перекачка.

В контексте способа или установки в соответствии с настоящим изобретением под барометрической откачкой следует понимать первую емкость под давлением, используемую для перекачки субстрата посредством разности давлений. Первый сосуд заполняется субстратом, подлежащим перекачке, и затем нагнетается газом под давлением. Это приведет к тому, что субстрат будет вытеснен из первого сосуда через трубопровод в нижней части сосуда, если трубопровод соединен со вторым сосудом, имеющим давление ниже давления первого сосуда. В способе или установке согласно настоящему изобретению такая конструкция обеспечит определенные преимущества по сравнению с механической перекачкой.

Общие преимущества барометрической перекачки заключаются в следующем:

- a) нет необходимости в механической энергии;
- b) никакие подвижные детали не соприкасаются с субстратом, что приводит к меньшему износу и снижению риска утечки через уплотнения и т.д.;
- c) можно легко достичь относительно высокого давления (выше 5 бар абс.), что обеспечивает более высокие скорости потока.

Дополнительные преимущества барометрического перекачивания независимо от конфигурации ПТГ будут включать в себя:

- a) в периодическом ПТГ субстрат прерывисто перемещается между сосудами под давлением. По-

этому нет никакого недостатка в том, что барометрическое перекачивание обычно не может обеспечить постоянный поток;

b) объем сосуда под давлением, используемого для барометрического перекачивания, может быть равен желаемому объему заполнения реактора, и, таким образом, в реактор дозируется известный объем. Это заменяет контрольно-измерительные приборы ПТГ для обеспечения правильного объема заполнения реактора;

с) пар, используемый для нагнетания давления в сосуде под давлением, используемом для барометрической откачки, заменяет пар в расположенном ниже по потоку реакторе (реакторах). Следствием этого является то, что барометрическая откачка перед расположенным ниже по потоку реактором (реакторами) не влияет на общее потребление пара в процессе ПТГ;

d) это выгодно при большом объеме пульпера для выравнивания колебаний температуры. Объем сосуда под давлением, используемого для барометрического перекачивания, можно рассматривать как часть объема пульпера. Преимуществом более крупных пульперов является более стабильная температура и увеличенное время пребывания в пульпере. Вязкость субстратов, таких как осадок, снижается с увеличением времени пребывания в импульсах;

e) производительность установок ПТГ увеличивается, поскольку реактор может быть заполнен быстрее, чем это возможно с помощью механических насосов, используемых в существующих процессах ПТГ;

f) более высокие скорости потока, которые могут быть достигнуты при барометрическом перекачивании, что позволяет лучше перемешивать содержимое пульперов. С помощью барометрического монтажа можно достичь мощного пульсирующего перемешивания, которое обеспечивает эффективное смешивание и выравнивание температуры в пульпере;

g) процессы ПТГ выполняются с жидкостями, температура которых близка к температуре кипения. Таким образом, образование пустот на стороне всасывания насосов представляет собой сложную проблему. Барометрическое перекачивание не имеет аналогичных проблем с образованием пустот, свойственных механическим насосам;

h) при кратковременном подключении сосуда под давлением, используемого для барометрического перекачивания, к вакуумной системе, сосуд под давлением заполнится быстрее.

Преимущества барометрического перекачивания специально для процессов ПТГ с двумя пульперами и двумя испарительными резервуарами включают в себя:

a) сложно найти прокладки вокруг осей вращения для насосов, работающих попеременно как при более низком, так и при более высоком давлении окружающей среды в центре точки кипения. Для работы с барометрическим насосом требования к качеству уплотнений менее строгие, поэтому сложные условия эксплуатации не влияют на общую стоимость системы в такой степени, как в случае с механическим насосом;

b) при использовании двух пульперов температура в первом пульпере низкая. При низкой температуре (первый пульпер) вязкость выше, и решение, включающее барометрическое перекачивание, лучше подходит для перекачивания высоковязких субстратов, таких как шлам;

с) в системе с двумя пульперами температура выше, чем в обычной системе. Сложно подобрать эластомеры (используемые в объемных насосах), которые выдерживают высокие температуры во втором пульпере (от 110 до 130°C). С барометрическим перекачиванием это не представляет проблему. Это дало бы дополнительные преимущества в виде снижения потребности в реакторных насосах для подачи.

Таким образом, настоящее изобретение обеспечивает способ непрерывного или периодического гидролиза материала путем использования постадийного предварительного нагрева и охлаждения с использованием впрыска мгновенно образующегося пара и упрощения мгновенного образования пара, соответственно. Кроме того, по меньшей мере один сосуд для предварительного нагрева и по меньшей мере один сосуд для снижения температуры поддерживаются ниже давления окружающей среды посредством соединительных трубопроводов. Это позволяет передавать горячий пар при температурах ниже 100°C для предварительного нагрева поступающего материала в резервуар для предварительного нагрева. В особо предпочтительном варианте осуществления способа или установки согласно настоящему изобретению перенос жидкого субстрата достигается барометрическим перекачиванием.

Вкратце, способ согласно настоящему изобретению может быть охарактеризован следующим образом:

a) жидкий субстрат переносят и предварительно нагревают путем впрыска мгновенно образующегося пара в пульпер, поддерживаемый ниже давления окружающей среды с помощью вакуумной системы;

b) вакуумная система состоит из вакуумного компрессора любого типа или вакуумного насоса, работающего на парах, которые не конденсируются при прохождении через жидкости в пульперах предварительного нагрева, и охладителя пара, предназначенного для удаления паров ниже температуры пульпера;

с) вакуумная система также сжимает неконденсирующиеся пары и подключена к устройству, которое впрыскивает неконденсирующиеся газы в расположенные ниже по потоку установки для анаэробно-

го сбраживания или другой биологической обработки;

d) перенос субстрата во второй предварительно разогретый пульпер, в котором поддерживается давление выше давления окружающей среды;

e) один или более реакторов, в которых субстрат обрабатывается при температурах в диапазоне от 140 до 220°C.

На установках, работающих в периодическом режиме, реакторы могут периодически помещаться под вакуум с помощью линии, соединяющей реакторы с пульпером предварительного нагрева, который поддерживается ниже давления окружающей среды. Второй пульпер с предварительным нагревом работает при более высоком давлении, чем давление окружающей среды. Более высокое давление обеспечивает повышенную температуру внутри пульпера, что приводит к снижению вязкости. Полученная разница давлений при приемлемой вязкости может быть использована для переноса жидкого материала в реакторы без использования насосов. Однако может быть целесообразно использовать насосы для устранения потерь на трение в трубопроводах в случае, если вязкость субстрата слишком высока. Вместо механических насосов предпочтительно использовать барометрическое перекачивание для циркуляции в пульпере и переноса субстрата в реактор;

f) после обработки в реакторе субстрат переносят в первый из двух испарительных резервуаров для понижения давления. Мгновенно образующийся пар, возникающий в результате снижения давления, перемещают во второй из двух пульперов с предварительным нагревом, который поддерживается при атмосферном или более высоком давлении;

g) субстрат из первого испарительного резервуара для понижения давления переносится во второй испарительный резервуар для понижения давления, который поддерживается при давлении ниже атмосферного. Мгновенно образующийся пар, возникающий в результате снижения давления во втором испарительном резервуаре, подается в первый пульпер с предварительным нагревом, который поддерживается при давлении ниже атмосферного, с помощью оборудования для создания вакуума.

Традиционное оборудование может быть использовано для создания вакуума на неконденсирующихся газах и парах, чтобы облегчить передачу мгновенно образующегося пара при давлении ниже атмосферного в устройство предварительного нагрева в процессе термического гидролиза.

Вакуумная система на пульпере предварительного нагрева низкого давления может быть подключена к устройству, которое впрыскивает неконденсирующиеся газы в установку для анаэробного сбраживания или других видов обработки технологических газов.

В другом предпочтительном варианте реализации способа или установки согласно настоящему изобретению объемные пузырьки пара низкого давления находятся при давлении ниже атмосферного и уменьшаются в размере в диапазоне 1-50 мм, предпочтительно менее 25 мм, более предпочтительно менее 10 мм, чтобы минимизировать вибрации и максимизировать рекуперацию тепла и перемешивание.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления способа или установки в соответствии с настоящим изобретением оба пульпера предварительного нагрева могут быть оснащены насосами или мешалками для дальнейшего перемешивания в случае чрезвычайно высокой вязкости.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления способа или установки в соответствии с настоящим изобретением оба нагревательных пульпера оснащены выпускным отверстием для субстрата на уровне над точкой впрыска рециркулированного мгновенно образующегося горячего пара из первого или второго испарительного резервуара для понижения давления.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления способа или установки в соответствии с настоящим изобретением подача сырья в пульпер с предварительным нагревом осуществляется либо в нижнюю часть пульпера с предварительным нагревом, либо выше уровня жидкости в пульпере с предварительным нагревом в сочетании с системой уменьшения размера и распределения субстрата, которая увеличивает удельную площадь поверхности холодного субстрата, либо ниже уровня жидкости в пульпере предварительного нагрева в сочетании с системой уменьшения размера и распределения субстрата, которая увеличивает удельную площадь поверхности холодного субстрата.

В еще одном предпочтительном варианте реализации способа или установки в соответствии с настоящим изобретением содержание инертных газов внутри пульперов контролируется с помощью системы управления путем мониторинга температуры, давления и открытия клапанов при расчете "ложного давления", что означает отклонение от линии насыщения паром.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления способа или установки в соответствии с настоящим изобретением используется блок термического перемешивания и переноса для переноса субстрата между двумя пульперами, пульпером а и пульпером е, а также может использоваться для переноса из пульпера е в расположенный ниже по потоку реактор (реакторы).

В особо предпочтительном варианте реализации способа или установки в соответствии с настоящим изобретением такой блок термического перемешивания и переноса может включать в себя:

А) сосуд, имеющий объем наполнения, используемый для переноса субстрата в реактор и его заполнения;

В) пар, добавляемый в верхнюю часть сосуда для повышения давления;

С) клапаны для перекрытия подачи из пульпера;

D) клапаны для распределения выгружаемого материала в следующий сосуд;

E) клапаны для распределения выгружаемого материала по нижней части пульпера для перемешивания в пульпере;

F) средство для переноса теплого субстрата с высокого уровня пульпера выше уровня заполнения 50% и более предпочтительно выше уровня заполнения 60% и еще более предпочтительно выше уровня заполнения 70% на более холодный субстрат в нижней части пульпера для перемешивания субстрата без использования насосов.

Реакторы способа или установки в соответствии с настоящим изобретением могут быть расположены последовательно или параллельно.

В особо предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения вакуум создается на неконденсирующихся газах после того, как все конденсирующиеся газы сначала конденсируются в высокотемпературном пульпере для предварительного нагрева субстрата, затем в низкотемпературном пульпере для предварительного нагрева субстрата с более низкой температурой и (опционально) в парогазовом охладителе, для минимизирования объема для создания вакуума и сжатия неконденсирующихся газов.

Пример 1.

Установка в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения содержит, по меньшей мере, два вакуумных сосуда, один ранее по ходу тока в ПТГ (пульпер 1 (a)) и один расположен ниже по потоку в ПТГ (испарительный резервуар 2 (b)). Два сосуда соединены трубой с верхней части испарительного резервуара 2 (b) через трубки, распределенные в пульпере 1 (a). Вакуумный компрессор (c), например компрессор с гидравлическим поршнем, подключенный к незаполненному пространству пульпера 1 (a), создаст вакуум в незаполненном пространстве пульпера. Работа, производимая вакуумным компрессором, будет выполняться с газами, которые не конденсируются в пульпере 1 (a) и последующем охладителе конденсатора (d). Мгновенно образующийся пар из испарительного резервуара 2 (b) будет проходить через пульпер 1 (a) и конденсироваться по мере его поступления в жидкую фазу в пульпере 1 (a) через трубки для мгновенно образующегося пара. Парциальное давление пара в пульпере 1 составит около 0,2 бар абс., что означает температуру кипения около 60°C, в то время как общее давление может быть несколько выше из-за присутствия других неконденсирующихся газов. Некоторое количество пара последует за неконденсируемыми газами и покинет пульпер 1 (a) и будет конденсироваться в небольшом охладителе конденсатора перед вакуумным компрессором (c). Это сводит к минимуму необходимую работу вакуумного компрессора (c), поскольку он должен работать только с неконденсируемыми газами.

Два сосуда (пульпер 1 и испарительный резервуар 2) могут быть построены друг над другом для достижения компактного и экономичного решения, хотя это и не является абсолютно необходимым. Кроме того, благодаря расположению друг над другом, обеспечиваются важные преимущества процесса, такие как:

приподнятый испарительный резервуар 2 обеспечивает повышенное давление на входе в питающие насосы реактора для гидролиза (o), расположенные на уровне пола;

в альтернативном варианте, приподнятый пульпер 1 обеспечивает повышенное давление на входе в насосную систему, предназначенную для переноса субстрата из пульпера 1 в пульпер 2;

короткие расстояния и меньший перепад давления в соединительных трубопроводах.

На фиг. 1 и 2 показаны два различных технических решения с различной степенью интеграции с процессом термического гидролиза. Фиг. 2 позволяет использовать вакуум для перемещения субстрата между сосудами и, таким образом, исключить насосы. В случае исключения насосов потребуются тщательный контроль перепада давления. Кроме того, паровые трубки должны быть оптимизированы для создания пульперов с мощным перемешиванием. Это относится как к пульперу 1 (a), так и к пульперу 2 (e). Подающие насосы (n) реактора также можно исключить. Заполнение реакторов также можно исключить, если незаполненное пространство реактора соединить с вакуумным компрессором (c) через клапан (t), чтобы минимизировать давление в реакторах во время наполнения субстратом.

На реологию подложки влияет температура субстрата. В основном вязкость уменьшается с повышением температуры. Следствием работы установки в соответствии с настоящим изобретением является то, что высокотемпературный материал подается в пульпер 2 (e). Результатом повышения температуры подачи в пульпере 2 будет повышение температуры внутри пульпера 2 (e) во время работы. При более высокой температуре жидкость будет легче перемещаться между сосудами, и может сократиться время подачи в реактор (g). Поскольку время подачи в реактор составляет значительную часть общего времени цикла ПТГ, общая производительность ПТГ будет эквивалентно увеличиваться. Еще одним преимуществом работы при повышенных температурах является более легкое перемешивание в пульпере 2 (e).

Пульпер 2 (e) представляет собой емкость непрерывной подачи с прерывистой выгрузкой при подаче в реакторы (g). Прерывистая выгрузка делает необходимым учитывать некоторое изменение уровня в пульпере 2 (e) во время цикла.

Испарительный резервуар 1 (j) будет работать при несколько более высоком давлении, чем пульпер 2 (e). Разница давлений в основном будет определяться высотой трубок для выпаривания

пара (q) в пульпере 2 (e) и перепадом давления в линии мгновенного образования пара (ac) и трубках для мгновенного образования пара (q).

Испарительный резервуар 2 (b) будет работать при несколько более высоком давлении, чем пульпер 1 (a). Разница давлений в основном будет определяться высотой трубок (s) для мгновенного образования пара в пульпере 1 (a) и спадом давления в линии мгновенного образования пара (ab) и трубках (s) для выпаривания пара.

Пример 2.

В настоящем примере дополнительный пульпер и испарительный резервуар, требуемые в способе или установке в соответствии с настоящим изобретением, будут называться пульпером (a) и испарительным резервуаром (b) соответственно. Установка ПТГ с изобретением также будет включать пульпер (e) и испарительный резервуар (j), которые аналогичны сосудам на существующих установках ПТГ. Основные технологические потоки показаны ниже.

На фиг. 1 и 2 показаны два различных варианта реализации системы в соответствии с настоящим изобретением.

Пульпер (a).

Все линии для вентиляции неконденсирующихся газов из пульпера e будут проходить ниже уровня жидкости в пульпере (a). Пульпер (a) будет оснащен вакуумным насосом и будет иметь самое низкое давление в системе. Температура и давление в незаполненном пространстве пульпера (a) будут измерены для расчета парциального давления пара и других газов. Цель состоит в том, чтобы контролировать общее давление в пульпере (a), чтобы предотвратить кипение субстрата при сохранении концентрации неконденсирующихся газов на низком уровне. Будет иметься линия от незаполненного пространства испарительного резервуара (b) до уровня ниже уровня жидкости в пульпере (a). Это делается для передачи мгновенно образующегося пара для предварительного нагрева субстрата в пульпере (a). Во время нормальной работы и при температуре подачи пульпера ниже примерно 50°C как пульпер (a), так и испарительный резервуар (b) находятся под давлением ниже атмосферного. Предварительно нагретый субстрат будет перенесен из пульпера (a) в пульпер (e). Для материалов с низкой вязкостью могут использоваться насосы. Однако риск кавитации значителен, а высота подъема насосов критична. Проблема становится существенной для субстратов с высокой вязкостью. Изобретение включает в себя блок теплопередачи и перемешивания, который заменит насосы. Однако любые средства для переноса субстрата из пульпера (a) в пульпер (e) могут быть использованы без какого-либо негативного влияния на весь процесс.

Блок теплопередачи и перемешивания будет представлять собой емкость, в которую поступает горячий субстрат из пульпера (a). Поскольку холодный субстрат имеет более высокую удельную плотность, чем теплый субстрат, самый теплый субстрат будет находиться в верхней части пульперов. По этой причине выход из пульпера (a) в блок теплопередачи и перемешивания находится на высоком уровне в пульпере чуть ниже максимального уровня жидкости. Теплый субстрат перетекает в блок теплопередачи и перемешивания. Как только блок перемешивания будет заполнен, емкость можно закрыть и добавить пар сверху для повышения давления. После создания давления теплый субстрат можно перенести в выбранный реактор. Теплый субстрат также может быть возвращен обратно в пульпер (a) для перемешивания.

Блок теплопередачи и перемешивания может иметь второй вход с нижнего уровня пульпера для обеспечения заполнения, даже если пульпер не заполнен, и для обеспечения смешивания на более низком уровне без заполнения блока теплопередачи и смешивания до максимального уровня.

Блок теплопередачи и перемешивания имеет известный объем, который будет использоваться для регулирования потока при заполнении реакторов путем дозирования в реактор.

Пульпер (e).

Все линии для вентиляции неконденсирующихся газов из реакторов будут проходить ниже уровня жидкости в пульпере (e). В пульпер (e) субстрат поступает из пульпера (a), а мгновенно образующийся пар - из испарительного резервуара (j). Субстрат, предварительно нагретый в пульпере (e), будет подаваться в реакторы. Температура и давление в незаполненном пространстве пульпера (e) будут измерены для расчета парциального давления пара и других газов. Установлена линия для вентиляции газов из незаполненного пространства пульпера e до уровня ниже уровня жидкости в пульпере (a). Цель состоит в том, чтобы контролировать общее давление в пульпере (e), чтобы предотвратить кипение при сохранении концентрации других газов на низком уровне. Температура и давление в пульпере (e) будут зависеть от температуры подачи в пульпер (a) и выбранной температуры реактора. Однако во время нормальной работы температура будет значительно выше 100°C, а общее давление будет выше атмосферного.

В периодическом процессе общее давление в реакторах может быть снижено до уровня ниже давления окружающей среды до подачи субстрата из пульпера (e). Это делается с помощью вентиляционных линий от незаполненного пространства реакторов до уровня ниже уровня жидкости в пульпере (a). Результирующая разница давлений между пульпером (e) и реакторами может быть использована для переноса жидкого субстрата в реакторы без использования насосов. При необходимости, и время цикла реактора это позволяет, в незаполненное пространство пульпера (e) может нагнетаться пар, чтобы увели-

чить разность давлений между пульпером (е) и реактором, принимающим жидкий субстрат для облегчения заполнения реактора. При желании насосы можно использовать для заполнения реактора без негативного влияния на остальную часть процесса. Вместо обычных насосов для циркуляции в пульпере и подачи в реактор можно также использовать барометрическую монтежу, например, с одним барометрическим монтежу, установленным на каждом пульпере. В таком сценарии клапаны будут контролировать, подается ли субстрат в реакторы через монтежу или поступает обратно в пульпер для перемешивания. Во время наполнения барометрической монтежу пространство над барометрической монтежу может быть подключено к вакуумной системе для увеличения скорости наполнения. В незаполненное пространство в барометрической монтежу будет нагнетаться пар для выгрузки содержимого в реакторы или для циркуляции обратно в пульпер для перемешивания. Последовательность заполнения барометрической монтежу, перемешивания в пульпере и подачи в реактор (реакторы) будет представлять собой последовательный пошаговый процесс.

Во время запуска или в других необычных ситуациях может потребоваться либо предварительно нагреть жидкий субстрат в пульпере (е), либо создать давление в незаполненном пространстве емкости для переноса субстрата в реакторы. По этой причине может быть полезно подготовить пульпер е для выпрыска пара в реальном времени ниже и выше уровня жидкости.

Реакторы (f, g, h, i).

Реакторы оснащены паровыми трубками для впрыска горячего пара в жидкий субстрат. Кроме того, они оснащены клапаном и линией для подачи газа из незаполненного пространства в пульпер (а). Эта же линия может использоваться для установки реакторов при давлении ниже окружающего перед заполнением реактора.

Общая производительность.

Фактический расход пара, температура и давление зависят от нескольких факторов. Некоторые из них включают температуру и состав сырья, выбранную температуру и давление в реакторе, уровень жидкости над паровыми трубками пульпера, потери давления в трубопроводах, потерю тепла в окружающую среду и динамические эффекты. Однако общая производительность может быть рассчитана с достаточной точностью.

В таблице ниже в качестве приблизительных значений приведены типичные температуры и давления в сосуде. В качестве основы для расчета предполагается содержание твердых веществ в сырье 16,5%, температура подачи 5, 15 и 40°C и температура реактора 140, 165 и 220°C.

В расчеты включены типичные потери давления в трубопроводах, влияние неконденсирующихся газов и гидравлические давления в точках впрыска пара. При меньших потерях температуры и давления в пульперах 1 и 2 будут несколько выше, в то время как температуры и давления в резервуарах 1 и 2 будут ниже. При более высоких потерях температуры и давления в пульперах 1 и 2 будут несколько ниже, в то время как температуры и давления в резервуарах 1 и 2 будут несколько выше. Кроме того, пар может быть выпущен из пульпера 2 в пульпер 1 для нагрева пульпера 1 до более высоких температур, если это желательно. Это повлияет на температуру и давление в других сосудах. Приведенные ниже цифры являются примерами реальных средних температур и давлений во время работы установки в устойчивом режиме. Следует обратить внимание на то, что указанное давление включает наличие неконденсирующихся газов и что температуры округляются до ближайшего целого числа, в то время как давление округляется до одного десятичного знака.

Сосуд	Температура подачи [C]	Температура гидролиза [C]	Температура сосуда [C]	Давление в сосуде [бар абс.]
-------	------------------------	---------------------------	------------------------	------------------------------

Пульпер а (1)	5	140	40	0,2
Пульпер е (2)			90	0,7
Реакторы f, g, h, i			140	3,7
Испарительный резервуар j (1)			100	1,0
Испарительный резервуар b (2)			72	0,4
Пульпер а (1)	15	140	49	0,2
Пульпер е (2)			94	0,8
Реакторы f, g, h, i			140	3,7
Испарительный резервуар j (1)			103	1,1
Испарительный резервуар b (2)			75	0,4
Пульпер а (1)	40	140	69	0,4
Пульпер е (2)			103	1,1
Реакторы f, g, h, i			140	3,7
Испарительный резервуар j (1)			111	1,5
Испарительный резервуар b (2)			86	0,6
Пульпер а (1)	5	165	57	0,3
Пульпер е (2)			113	1,6
Реакторы f, g, h, i			165	7,0
Испарительный резервуар j (1)			119	1,9
Испарительный резервуар b (2)			78	0,5
Пульпер а (1)	15	165	64	0,3
Пульпер е (2)			116	1,8
Реакторы f, g, h, i			165	7,0
Испарительный резервуар j (1)			122	2,1
Испарительный резервуар b (2)			83	0,5
Пульпер а (1)	40	165	82	0,6
Пульпер е (2)			125	2,3
Реакторы f, g, h, i			165	7,0
Испарительный резервуар j (1)			129	2,6
Испарительный резервуар b (2)			94	0,8

Пульпер а (1)			66	0,4
Пульпер е (2)			127	2,5
Реакторы f, g, h, i	5	180	180	10
Испарительный резервуар j (1)			131	2,8
Испарительный резервуар b (2)			84	0,6
Пульпер а (1)			74	0,5
Пульпер е (2)			131	2,8
Реакторы f, g, h, i	15	180	180	10
Испарительный резервуар j (1)			134	3
Испарительный резервуар b (2)			88	0,7
Пульпер а (1)			89	0,8
Пульпер е (2)			137	3,3
Реакторы f, g, h, i	40	180	180	10
Испарительный резервуар j (1)			140	3,6
Испарительный резервуар b (2)			100	1
Пульпер а (1)			95	1
Пульпер е (2)			167	7,3
Реакторы f, g, h, i	5	220	220	23,2
Испарительный резервуар j (1)			168	7,6
Испарительный резервуар b (2)			103	1,1
Пульпер а (1)			100	1,1
Пульпер е (2)			168	7,6
Реакторы f, g, h, i	15	220	220	23,2
Испарительный резервуар j (1)			170	7,9
Испарительный резервуар b (2)			108	1,3
Пульпер а (1)			115	1,8
Пульпер е (2)			174	8,7
Реакторы f, g, h, i	40	220	220	23,2
Испарительный резервуар j (1)			9	176
Испарительный резервуар b (2)			119	2,0

При наиболее типичных условиях, в которых температура подачи составляет 15°C и температура реактора составляет 165°C, общий расход пара составит приблизительно 640 или 100 кг/т или кг/м³ подачи, соответственно. Это ниже, чем при любых других существующих процессах термического гидролиза с паровым взрывом, в которых для передачи тепла используется впрыск горячего пара. Низкое потребление пара становится возможным благодаря использованию мгновенно образующегося пара ниже давления окружающей среды для предварительного нагрева. Кроме того, использование перепада давления или барометрического монтажу вместо насосов для заполнения реактора облегчает сокращение времени заполнения. Кроме того, предварительный нагрев до более высоких температур сокращает время впрыска пара в реакторы. Эти два фактора способствуют увеличению производительности на объем реактора по сравнению с существующими установками на ПТГ.

Пример 3.

В большинстве юрисдикции по всему миру установку или систему, содержащую сосуды под давлением, необходимо проверять на регулярной основе, например, на ежегодной основе, в рамках сертификации промышленных объектов (например, установки или системы в соответствии с настоящим изобретением), в которых используются сосуды под давлением. Национальные или региональные нормативные акты могут регулировать конкретную требуемую частоту проверок. Вследствие времени, необходимого для таких проверок, при эксплуатации установки в соответствии с настоящим изобретением, как описано в примерах 1 и 2, будут периоды простоя, вследствие которых снижается мощность обработки жидких субстратов. В таких ситуациях стабильная работа установки или системы согласно одному из примеров 1

или 2 выше может быть достигнута путем а) внедрения дополнительных элементов/функций, позволяющих безопасно изолировать каждый из одного или более блоков пульпера и/или испарительного резервуара, тем самым обеспечивая сокращенный режим работы, позволяющий проводить индивидуальный осмотр каждого блока пульпера и/или испарительного резервуара в безопасных условиях; и б) введения дополнительных обходных путей, например, трубопроводов, позволяющих исключить из работы каждый отдельный блок пульпера и/или испарительного резервуара. Возможная реализация таких дополнительных элементов/функций и сопутствующих обходных путей, например, с помощью трубопроводов, позволяющих продолжать эксплуатацию установки в соответствии с одним или примерами 1 или 2 выше в случае сбоев или запланированных остановок одного или более пульперов и или испарительных резервуаров, может включать:

Трубопровод, позволяющий передавать указанный жидкий субстрат, содержащий от 2 до 30% твердых веществ при температуре ниже примерно 50°C, непосредственно в любой из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1(a) и P2(e)), при этом указанный трубопровод оснащен одним или несколькими закрывающимися клапанами (клапанами), позволяющими выбирать, в какую из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1(a) и P2(e)) должен поступать указанный жидкий субстрат, содержащий от 2 до 30% твердых веществ при температуре ниже примерно 50°C.

Соединения трубопроводом, обеспечивающим перенос упомянутой жидкой подложки из любого из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1(a) и P2(e)) в любой из указанных одного или более реакторов (R(f-i)).

Соединения трубопроводом, обеспечивающим вентиляцию от любого из указанных одного или нескольких реакторов (R(f-i)) к любому из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1(a) и P2(e)).

Соединения с помощью трубопроводов, которые обеспечивают перенос указанной жидкой подложки из любого из указанных одного или более реакторов (R(f-i)) в любой из указанных одного или более испарительных резервуаров.

Соединения по трубопроводу, обеспечивающему обход указанной вакуумной системы (V(c)).

Когда установка или система в соответствии с настоящим изобретением эксплуатируется в таком уменьшенном режиме работы, производительность установки может (для системы или установки с двумя пульперами) быть идентичной производительности обычной системы с одним пульпером и одним испарительным резервуаром.

Другой вариант с таким сокращенным режимом работы заключается в том, что любой отдельный реактор может быть исключен из эксплуатации, что позволит сохранить производительность установки с уменьшенной мощностью. Несмотря на это, принципы работы остаются аналогичными тем, которые описаны в примерах 1 и 2.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ термического гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C, предназначенного для последующего использования в анаэробной ферментации, сбраживании или другом процессе, направленном на производство или экстракцию метана или других ценных веществ в одном или более реакторах (R (f-i)), причем указанный способ характеризуется тем, что используют одинаковое количество испарительных резервуаров и пульперов; при этом используют по меньшей мере первый и второй последовательно соединенные пульперы (P1 (a) и P2 (e)) и по меньшей мере первый и второй последовательно соединенные испарительные резервуары (F1 (j) и F2 (b)) для ступенчатого предварительного нагрева и снижения давления соответственно, а также тем, что:

а) указанный жидкий субстрат переносят в первый пульпер (P1 (a)) и предварительно нагревают и перемешивают в первом пульпере (P1 (a)), который работает при температуре от 40 до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс., путем впрыска мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара, например указанного второго испарительного резервуара (F2(b)), который работает при более высоком давлении, чем указанный первый пульпер (P1 (a));

б) указанное давление от 0,2 до 0,9 бар абс., при котором работает указанный первый пульпер (P1 (a)), поддерживается вакуумной системой (V (c)), работающей для максимизирования конденсации любых конденсирующихся паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в указанном первом пульпере;

в) указанный предварительно нагретый жидкий субстрат перемещают из указанного первого пульпера (P1 (a)) во второй пульпер (P2 (e)), который работает при температуре от 90 С до 135 С и при давлении от 0,7 до 3,3 бар абс., и при этом указанный жидкий субстрат подвергают дальнейшему перемешиванию и предварительному нагреву путем впрыска мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара (F1 (j)), например указанного первого испарительного резервуара, который работает при более высоком давлении, чем указанный второй пульпер (P2 (e));

д) указанный дополнительно предварительно нагретый жидкий субстрат перемещают из указанного второго пульпера (P2 (e)) в один или более реакторов (R (f-i)), работающих параллельно или последова-

тельно, при этом указанный жидкий субстрат нагревают до температуры в диапазоне от 140 С до 220 С и при давлении от 3,6 до 10 бар абс.;

е) указанный жидкий субстрат перемещают из указанного одного или нескольких реакторов (R (f-i)), работающих последовательно или параллельно, в указанный первый испарительный резервуар (F1 (j)), работающий при температуре от 100 до 140°C и при давлении от 1 до 3,6 бар абс., посредством чего происходит снижение давления, и откуда мгновенно образующийся пар, возникающий в результате такого снижения давления, перемещается в указанный второй пульпер (P2 (e)), работающий при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс.;

ф) указанное жидкое вещество перемещают из указанного первого испарительного резервуара (F1 (j)) в указанный второй испарительный резервуар (F2 (b)), работающий при температуре от 70 до 100°C и при давлении от 0,35 до 1 бар абс., посредством чего происходит дальнейшее снижение давления, и откуда мгновенно образующийся пар, возникающий в результате такого дальнейшего снижения давления в указанном втором испарительном резервуаре (F2 (b)), перемещается в первый пульпер (P1 (a)), работающий при температуре от 40 до 90°C и при давлении от 0,2 до 0,9 бар абс., посредством указанной вакуумной системы.

2. Способ термического гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C, предназначенного для последующего использования в анаэробной ферментации, сбраживании или другом процессе, направленном на производство или экстракцию метана или других ценных веществ, в одном или более реакторов (R (f-i)), причем указанный способ характеризуется тем, что количество используемых испарительных резервуаров на один меньше количества используемых пульперов; по меньшей мере первый и второй последовательно соединенных пульпера (P1 (a) и P2 (e)) и по меньшей мере один испарительный резервуар F используются для поэтапного предварительного нагрева и снижения давления соответственно; при этом:

а) указанный жидкий субстрат перемещают в первый пульпер (P1 (a)) и предварительно нагревают и перемешивают в первом пульпере (P1 (a)), который работает при температуре от 40 до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс., путем впрыска мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости из расположенного ниже по потоку испарительного резервуара (F), который работает при более высоком давлении, чем указанный первый пульпер (P1 (a));

б) указанное давление от 0,2 до 0,9 бар абс., при котором работает указанный первый пульпер (P1 (a)), поддерживается вакуумной системой (V (c)), работающей для максимизирования конденсации любых конденсирующихся паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в указанном первом пульпере;

с) указанный предварительно нагретый жидкий субстрат перемещают из указанного первого пульпера (P1 (a)) во второй пульпер (P2 (e)), который работает при температуре от 90 до 135°C и при давлении от 0,7 до 3,3 бар абс., и при этом указанный жидкий субстрат подвергают дальнейшему перемешиванию и предварительному нагреву путем впрыска мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости из одного или нескольких расположенных ниже по потоку реакторов (R (f-i)), которые работают при более высоком давлении, чем указанный второй пульпер (P2 (e));

д) указанный дополнительно предварительно нагретый жидкий субстрат перемещают из указанного второго пульпера (P2 (e)) в указанные один или более реакторов (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно, при этом указанный жидкий субстрат нагревают до температуры в диапазоне от 140 до 220°C и давлении от 3,6 до 10 бар абс.;

е) в одном или более реакторах (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно, осуществляют сброс давления путем передачи пара из незаполненного пространства реактора в указанный второй пульпер (P2 (e)) до тех пор, пока давление в одном или более параллельно или последовательно работающих реакторах (R (f-i)) и втором пульпере (P2 (e)) не станет равновесным, после чего указанный жидкий субстрат перемещают из указанного одного или более параллельно или последовательно работающих реакторов (R (f-i)) в указанный расположенный ниже по потоку испарительный резервуар (F).

3. Способ по любому из пп.1 или 2, дополнительно характеризующийся тем, что охладитель пара (VC (d)), который подключен между указанным первым пульпером (P1 (a)) и указанной вакуумной системой (V (c)), работает для конденсации и удаления любых паров, конденсирующихся ниже температуры, при которой работает указанный первый пульпер (P1 (a)).

4. Способ по любому из пп.1-3, дополнительно характеризующийся тем, что он включает стадии, направленные на сжатие оставшихся неконденсирующихся паров из незаполненного пространства указанного первого пульпера (P1 (a)), которые не конденсируются ни в указанном первом пульпере (P1 (a)), ни в указанном подключенном охладителе пара (VC (d)), и стадии, направленные на впрыскивание указанных сжатых неконденсирующихся паров в анаэробный реактор или любое другое средство для обработки газа.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором перемещение указанного жидкого субстрата между пульперами, реакторами, испарительными резервуарами и т.д. осуществляется, по меньшей мере частично, посредством барометрического перекачивания.

6. Установка для термического гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2

до 30% и температурой ниже примерно 50°C, предназначенного для последующего использования в анаэробной ферментации, сбраживании или другом процессе, направленном на получение или экстракцию метана или других ценных веществ, причем указанная установка включает:

одинаковое количество испарительных резервуаров и пульперов и по меньшей мере первый и второй пульперы (P1 (a) и P2 (e)), последовательно соединенные между собой напрямую или опосредованно;

вакуумную систему (V (c)), соединенную трубопроводом с одним из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a));

один или более реакторов (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно и соединенных трубопроводом с одним из указанных по меньшей мере двух пульперов (P2 (e)), который не соединен с указанной вакуумной системой (V (c));

по меньшей мере первый и второй испарительные резервуары (F1 (j) и F2 (b)), соединенные последовательно напрямую или опосредованно:

один из которых (F1 (j)) соединен трубопроводом с указанным одним или более реакторами (R (f-i)), работающими параллельно или последовательно,

каждый из которых по отдельности соединен трубопроводом с одним из по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)), и

каждый из которых по отдельности может работать при более высоком давлении, чем один из по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)), с которым он по отдельности соединен трубопроводом, при этом:

а) указанный первый пульпер (P1 (a)) может работать при температуре от 40 до 90°C при давлении от 0,2 до 0,9 бар абс. путем впрыска мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости из одного из указанных по меньшей мере двух расположенных ниже по потоку испарительных резервуаров, с которыми он соединен по отдельности, например из указанного второго испарительного резервуара (F2 (b));

б) указанная вакуумная система может поддерживать указанное давление от 0,2 до 0,9 бар абс., при котором должен работать первый пульпер (P1 (a)), и может работать для максимизирования конденсации любых конденсирующихся паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в указанном первом пульпере;

в) указанный второй пульпер (P2 (e)) может работать при температуре от 90 до 135°C и при давлении от 0,7 до 3,3 бар абс. путем впрыска мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости из одного из указанных по меньшей мере двух расположенных ниже по потоку испарительных резервуаров, с которыми он соединен по отдельности, например из указанного первого испарительного резервуара (F1 (j));

д) указанные один или более реакторов (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно, могут работать при температуре в диапазоне от 140 до 180°C и при давлении от 3,6 до 10 бар абс.;

е) указанный жидкий субстрат может быть перенесен из указанного одного или более реакторов (R (f-i)), работающих последовательно или параллельно, в указанный первый испарительный резервуар (F1 (j)), работающий при температуре от 100 до 140°C и при давлении от 1 до 3,6 бар абс., посредством чего происходит снижение давления, и откуда мгновенно образующийся пар, возникающий в результате такого снижения давления, может быть перенесен в указанный второй пульпер (F2 (b)), работающий при температуре от 90 до 135°C и при давлении от 0,7 до 3,3 бар абс.;

ф) указанное жидкое вещество может быть перенесено из указанного первого испарительного резервуара (F1 (j)) в указанный второй испарительный резервуар (F2 (b)), работающий при температуре от 70 до 100°C и при давлении от 0,35 до 1 бар абс., посредством чего происходит дальнейшее снижение давления, и откуда мгновенно образующийся пар, возникающий в результате указанного дальнейшего снижения давления в указанном втором испарительном резервуаре (F2 (b)), может быть перенесен в указанный первый пульпер, работающий при температуре от 40 до 90°C и при давлении от 0,2 до 0,9 бар абс., посредством указанной вакуумной системы.

7. Установка для термического гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C, предназначенного для использования в анаэробной ферментации, сбраживании или другом процессе, направленном на производство или экстракцию метана или других ценных веществ, причем указанная установка содержит пульперов на один больше, чем испарительных резервуаров:

по меньшей мере первый и второй пульперы (P1 (a) и P2 (e)), соединенные между собой последовательно напрямую или опосредованно,

вакуумную систему (V (c)), соединенную трубопроводом с одним из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a)),

один или более реакторов (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно и соединенных трубопроводом с одним из указанных по меньшей мере двух пульперов (P2 (e)), который не соединен с указанной вакуумной системой (V (c)),

по меньшей мере один испарительный резервуар (F):

соединенный трубопроводом с одним или более реакторами (R (f-i)), работающими параллельно

или последовательно;

соединенный трубопроводом с одним из по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и способный работать при более высоком давлении, чем один из по меньшей мере двух пульперов (P1 (a)), с которыми он по отдельности соединен посредством трубопровода,

при этом:

а) указанный первый пульпер (P1 (a)) может работать при температуре от 40 до 90°C и давлении от 0,2 до 0,9 бар абс. путем впрыска мгновенно образующегося пара ниже уровня жидкости из указанного расположенного ниже по потоку испарительного резервуара, с которым он соединен (F);

б) указанная вакуумная система может поддерживать указанное давление от 0,2 до 0,9 бар абс., при котором должен работать указанный первый пульпер (P1 (a)), и может работать для максимизирования конденсации любых конденсирующихся паров, которые не конденсируются при прохождении через указанный жидкий субстрат в указанном первом пульпере;

с) указанный второй пульпер (P2 (e)) может работать при температуре от 90 до 135°C и давлении от 0,7 до 3,3 бар абс.;

д) указанные один или более реакторов (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно, могут работать при температурах в диапазоне от 140 до 220°C и давлении от 3,6 до 10 бар абс.;

е) указанный жидкий субстрат может быть перемещен из указанного одного или более реакторов (R (f-i)), работающих последовательно или параллельно, в указанный испарительный резервуар (F) путем сброса давления в указанном одном или более реакторах (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно, путем передачи пара из незаполненного пространства реактора в указанный второй пульпер (P2 (e)) до тех пор, пока давление в указанных одном или более реакторах (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно, и указанном втором пульпере (P2 (e)) не станет равновесным, после чего указанный жидкий субстрат может быть передан из указанного одного или более реакторов (R (f-i)), работающих параллельно или последовательно, в указанный испарительный резервуар (F).

8. Установка по любому из пп.6 или 7, дополнительно включающая охладитель паров (VC (d)), подключенный между указанным первым пульпером (P1 (a)) и указанной вакуумной системой (V (c)), который может работать при температуре ниже рабочей температуры указанного первого пульпера (P1 (a)), что позволяет удалять конденсирующиеся пары, которые не конденсируются в указанном первом пульпере (P1 (a)).

9. Установка по любому из пп.6-8, дополнительно характеризующаяся тем, что она включает средства для сжатия оставшихся неконденсирующихся паров из незаполненного пространства указанного первого пульпера (P1 (a)), которые не конденсируются ни в указанном первом пульпере (P1 (a)), ни в указанном подключенном охладителе паров (VC (d)), и средства для впрыска указанных сжатых неконденсирующихся паров в анаэробный биореактор или любое другое средство для обработки газа.

10. Установка по любому из пп.6-9, дополнительно включающая емкости, используемые по меньшей мере для частичного перемещения указанных жидких субстратов путем барометрического перекачивания.

11. Установка по любому из пп.6-10, дополнительно включающая:

трубопровод, обеспечивающий возможность передачи указанного жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C непосредственно в любой из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)), причем указанный трубопровод оснащен одним или более запорными клапанами, позволяющими выбирать, в какой из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)) должен быть передан указанный жидкий субстрат с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C;

соединения посредством трубопровода, обеспечивающего передачу указанного жидкого субстрата из любого из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)) в любой из указанных один или более реакторов (R (f-i));

соединения посредством трубопровода, обеспечивающего вентиляцию от любого из указанных одного или более реакторов (R (f-i)) в любой из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e));

соединения посредством трубопровода, позволяющего переносить указанный жидкий субстрат из любого из указанных одного или более реакторов (R (f-i)) в любой из указанных один или более испарительных резервуаров;

соединения посредством трубопровода, позволяющего обойти указанную вакуумную систему (V (c)).

12. Способ модернизации существующей установки для гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C, предназначенного для использования в анаэробной ферментации, сбраживании или другом процессе, направленном на производство или экстракцию метана или других ценных веществ, при этом указанная модернизация обеспечивает, чтобы указанная установка включала по меньшей мере признаки установки по п.6.

13. Способ модернизации существующей установки для гидролиза жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C, предназначенного для использо-

вания в анаэробной ферментации, сбраживании или другом процессе, направленном на производство или экстракцию метана или других ценных веществ, при этом указанная модернизация обеспечивает, чтобы указанная установка включала по меньшей мере признаки установки по п.7.

14. Способ модернизации по любому из пп.12 или 13, дополнительно включающий обеспечение того, чтобы указанная установка включала охладитель паров (VC (d)), подключенный между указанным первым пульпером (P1 (a)) и указанной вакуумной системой (V(c)), который может работать при температуре ниже рабочей температуры указанного первого пульпера (P1(a)), тем самым обеспечивая возможность удаления конденсирующихся паров, которые не конденсируются в указанном первом пульпере (P1(a)).

15. Способ модернизации по любому из пп.12-14, дополнительно включающий обеспечение того, чтобы указанная установка включала средства для сжатия оставшихся неконденсирующихся паров из незаполненного пространства указанного первого пульпера (P1 (a)), которые не конденсируются ни в указанном первом пульпере (P1 (a)), ни в указанном подключенном охладителе паров (VC (d)), и средства для впрыска указанных сжатых неконденсирующихся паров в анаэробный реактор или любое другое устройство для обработки газа.

16. Способ модернизации по любому из пп.11-15, в котором перенос указанного жидкого субстрата осуществляют, по меньшей мере частично, путем барометрического перекачивания с использованием блока теплопередачи и перемешивания, соединенного с системой острого пара, поддерживающей повышенное давление в емкости указанного блока, и, возможно, соединенного с системой для создания вакуума для увеличения скорости заполнения емкости указанного блока, и при этом указанная емкость указанного блока выполнена с возможностью выгрузки указанного жидкого субстрата в реактор или врата субстрата в емкость предварительного нагрева.

17. Способ модернизации по п.16, дополнительно характеризующийся тем, что объем указанного блока теплопередачи и перемешивания равен требуемому объему заполнения реактора.

18. Способ модернизации по п.17, дополнительно характеризующийся тем, что указанный блок теплопередачи и перемешивания используют для измерения уровня заполнения реактора.

19. Способ модернизации по любому из пп.12-14, дополнительно включающий обеспечение того, чтобы указанная установка включала:

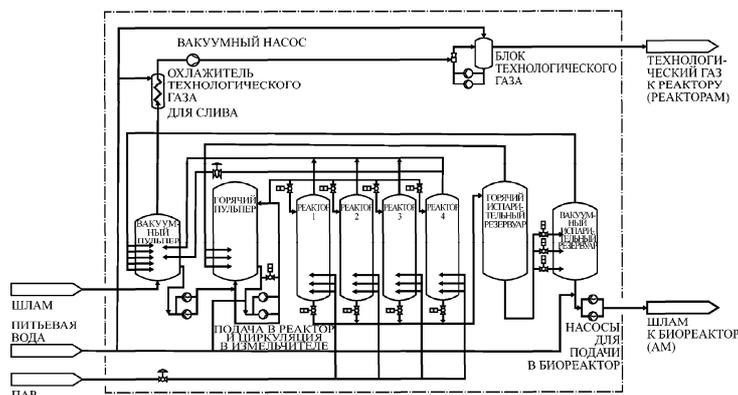
трубопровод, обеспечивающий возможность передачи указанного жидкого субстрата с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C непосредственно в любой из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)), причем указанный трубопровод оснащен одним или более запорными клапанами, позволяющими выбирать, в какой из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)) должен быть передан указанный жидкий субстрат с содержанием твердых веществ от 2 до 30% и температурой ниже примерно 50°C;

соединения посредством трубопровода, обеспечивающего передачу указанного жидкого субстрата из любого из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e)) в любой из указанных один или более реакторов (R (f-i));

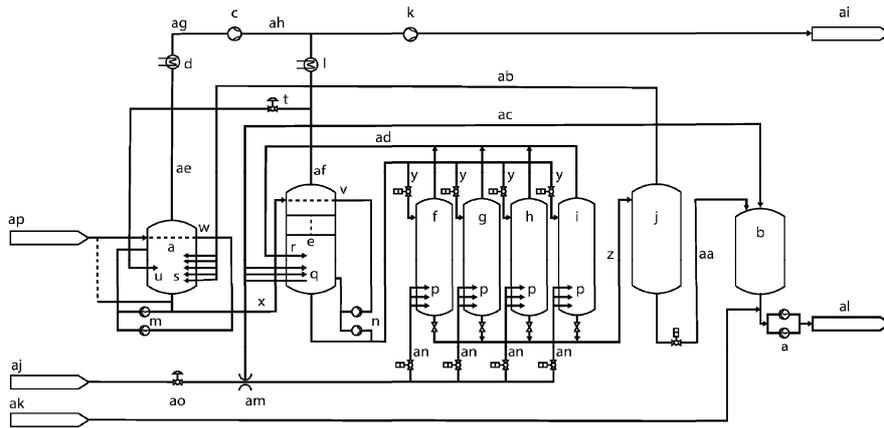
соединения посредством трубопровода, обеспечивающего вентиляцию от любого из указанных одного или более реакторов (R (f-i)) в любой из указанных по меньшей мере двух пульперов (P1 (a) и P2 (e));

соединения посредством трубопровода, обеспечивающего передачу указанного жидкого субстрата из любого из указанных одного или более реакторов (R (f-i)) в любой из указанных один или более испарительных резервуаров;

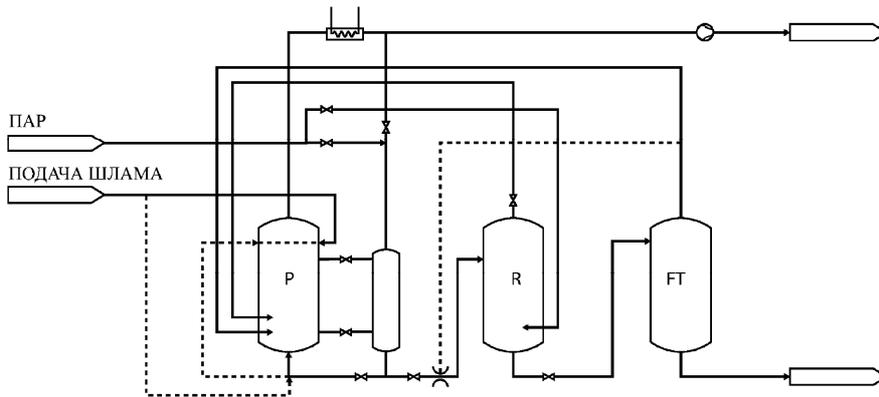
соединения с помощью трубопровода, позволяющего обойти указанную вакуумную систему (V (c)).



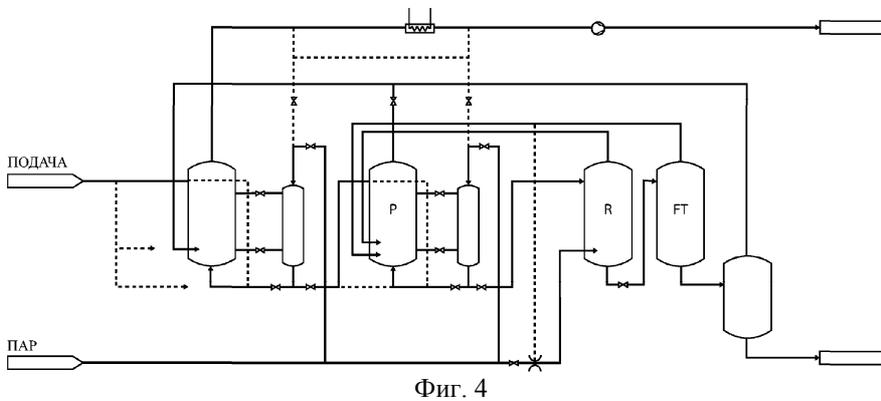
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4