УКРАЇНА

(19) UA (11) 129676 (13) C2

(51) МПК
C12P 5/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **a 2021 04093**

(22) Дата подання заявки: **28.11.2019**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **03.07.2025**

(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **18213186.2**

(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **17.12.2018**

(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: **EP**

(41) Публікація відомостей про заявку: **12.01.2022, Бюл.№ 2**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **02.07.2025, Бюл.№ 27**

(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору PCT: **PCT/EP2019/082945, 28.11.2019**

(72) Винахідник(и):
Хольте Ханс Расмус (NO),
Лілебьо Андреас Хеланд (NO)

(73) Володілець (володільці):
КАМБІ ТЕКНОЛОДЖІ АС,
Postboks 78, N-1371 Asker, Norway (NO)

(74) Представник:
Слободянюк Оксана Олександрівна, реєстр. №216

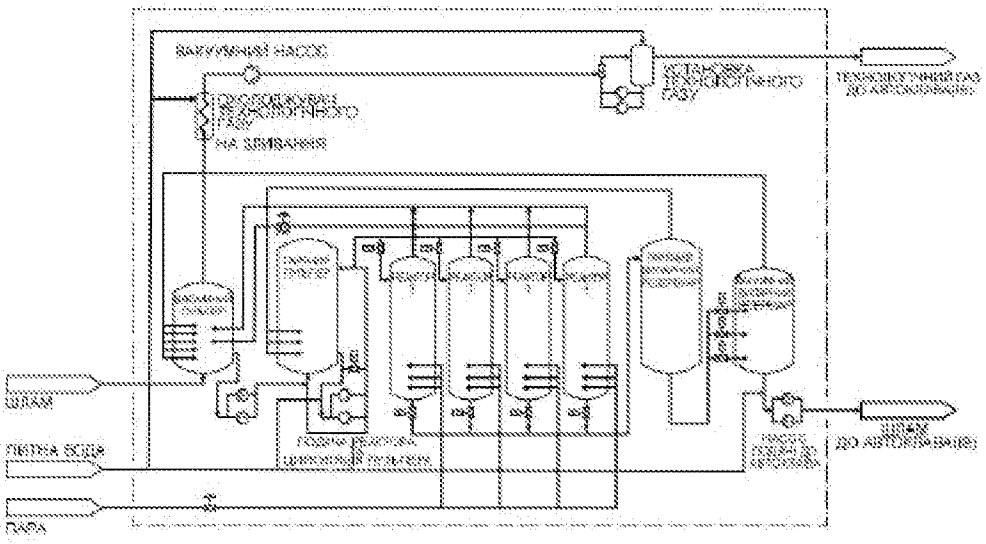
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
WO 2011/006854 A1, 20.01.2011
WO 2017/023561 A1, 09.02.2017
EP 3156374 A1, 19.04.2017

UA 129676 C2

(54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОГО ГІДРОЛІЗУ РІДКОГО СУБСТРАТУ, УСТАНОВКА ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ ТА СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ

(57) Реферат:

Винахід стосується способу і установки для гідролізу рідкого субстрату із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 %, для використання в анаеробній ферментації, біорозкладанні або іншому процесі, спрямованому на одержання або вилучення метану, де спосіб і установка базуються на використанні вакууму і декількох пульперів і одного або декількох випарних резервуарів для покрокового попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно.



Фіг. 1

Галузь винаходу

Цей винахід відноситься до способів і установок, які використовують процеси термічного гідролізу (Thermal Hydrolysis Processes (THP)), які використовують пульпери і випарні резервуари для попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно. Цей винахід також стосується способів модернізації існуючих установок, які використовують процеси термічного гідролізу (THP).

Передумови винаходу

Процес термічного гідролізу (THP) – це процес, при якому мокрий або вологий матеріал обробляють при підвищених температурах, зазвичай, від 140 до 220 °C, що може супроводжуватися вибухом пари шляхом швидкого зниження парціального тиску пари.

THP, який супроводжується вибухом пари, в основному використовується для попередньої обробки біологічних твердих речовин перед анаеробним розщепленням. Однак інші матеріали можуть бути попередньо оброблені таким самим чином, після чого вони можуть бути додатково оброблені за допомоги широкого спектру інших подальших процесів.

Процеси теплового гідролізу (THP) можуть бути розроблені як для періодичного, так і для безперервного режиму. Способи і технологічні установки цього винаходу застосовні як для THP, призначеного для періодичного використання, так і для THP, призначеного для безперервного режиму. Крім того, способи цього винаходу можуть бути використані як на нових установках, так і впроваджені в існуючі установки шляхом модернізації, яка включає встановлення відповідного додаткового обладнання і внесення відповідних модифікацій.

Матеріал, який обробляють у THP, можна назвати "субстратом". Субстрат обробляють при бажаному парціальному тиску пари. У періодичному процесі час перебування субстрату в бажаних умовах у реакторі називається "часом перебування". Для безперервного процесу середній час перебування реактора є величиною, яка може бути розрахована на основі загальної пропускної здатності загального процесу.

Субстрат піддається швидкому зниженню тиску і зазнає парового вибуху, коли він виводиться з реактора THP через сопло у випарний резервуар. Це відкриває клітинні стінки, розкладає органічні матеріали, зменшує розмір частинок і в'язкість субстрату. Пару закипання, яка виникає в результаті парового вибуху, можна використовувати для попереднього нагрівання субстрату в посудині під тиском, яку можна назвати пульпером. Використання водяної пари для попереднього нагрівання субстрату перед обробкою в реакторі є важливим для досягнення високої енергетичної ефективності і низького споживання пари.

Заявка WO/1996/009882 (US5888307) описує способи і засоби гідролізу органічних матеріалів. Описані процеси не передбачають використання вакууму, закипання нижче тиску навколишнього середовища, а також використання одержаної пари закипання в результаті будь-якого такого процесу для прямого нагнітання пари для попереднього нагрівання вхідної сировини.

WO/2011/006854 описує методи і засоби гідролізу органічних матеріалів, які включають THP і вибух пари, при якому пара, що виникає при закипанні, повертається в резервуар попереднього нагрівання. Процес, описаний у WO/2011/006854, використовує як рідину, так і пару під високим тиском для створення рухомого потоку в ежекторі для перемішування пари, яка надходить на стороні всмоктування, в основний потік, який скидається в посудину при тиску навколишнього середовища або більше.

Процес, описаний у цьому винаході, відрізняється, оскільки система, яка використовується для генерування вакууму, працює не на парі, а лише на газах, які неконденсуються. Це дозволяє системі, що використовується для одержання вакууму у цьому винаході, працювати при менших тисках, температурах, об'ємних витратах і масових витратах порівняно з процесом, описаним у WO/2011/006854. Це робить систему, описану у цьому винаході, більш енергоефективною, більш надійною і легшою в експлуатації порівняно з процесом, описаним у WO/2011/006854.

WO/2014/123426 описує подальші методи і засоби гідролізу органічних матеріалів, які включають THP і вибух пари. Подібно до WO/1996/009882 (US5888307), цей процес не передбачає використання вакууму, закипання нижче тиску навколишнього середовища, а також використання одержаної пари закипання від будь-якого такого процесу для безпосереднього нагнітання пари для попереднього нагрівання сировини, яка надходить.

US2003121851 описує методи і засоби гідролізу органічного матеріалу, які включають додавання KOH і стадію зневоднення після THP. Рекуперація пари закипання схожа на ту, що описана в WO/1996/009882, і, отже, не передбачає ані використання вакууму, закипання нижче тиску навколишнього середовища, ані використання одержаної пари закипання від будь-якого

такого процесу для безпосереднього нагнітання пари до попереднього нагрівання сировини, яка надходить.

US6281300 описує способи і засоби гідролізу органічного матеріалу. Описані процеси не передбачають використання вакууму. Більш того, процес спеціально розроблений для виробництва полімерів, що не є метою цієї інновації. Полімери можуть бути часткою субстратів, оброблених в рамках цієї інновації, і, крім того, може мати місце певна полімеризація. Однак основною метою цієї інновації є гідроліз і вибух пари перед послідовною переробкою. Приклади подальшої переробки включають, але не обмежуючись ними, зневоднення, ферментативну обробку, анаеробне розкладання і ферментацію.

US2014120594 описує методи і засоби гідролізу органічного матеріалу і зосереджений на попередній обробці деревних сировинних матеріалів для виробництва цукрів, які ферментовані на "спирти". Описано, що процеси можуть мати до 8 етапів закипання, і що пару закипання можна використовувати для попереднього нагрівання. Навіть якщо згадується вакуум і тиск нижче навколишнього середовища, це пов'язано з випарниками, які намагаються сконцентрувати оброблений матеріал, і, отже, не для прямого нагнітання пари для попереднього нагрівання вихідної сировини.

US2018201517 описує методи і засоби гідролізу органічного матеріалу і згадує, що гідролізований субстрат можна пропускати через бойлер для утилізації тепла для вироблення пари. Застосування вакууму не згадується, а описані процеси потребують великих нагрівальних поверхонь через погану тепловіддачу, накип і забруднення з в'язкими гідролізованими субстратами. Крім того, описані процеси не дозволять виробляти пару при тиску, нижчому ніж навколишній. Для порівняння, цей винахід долає (а точніше обходить) проблему передачі тепла і ризик накипу і забруднення, використовуючи пряме нагнітання пари, а також дозволяє використовувати пару під тиском, нижчим за тиск навколишнього середовища, для попереднього нагрівання субстрату.

Патент US2009032464 описує методи і засоби гідролізу органічного матеріалу і згадує, що закипання може відбуватися в умовах вакууму. Однак в описаних процесах пара закипання надходить у теплообмінник, який, можливо, може функціонувати як охолоджувач конденсора. Він також описує замкнуті петлі з циркулюючим охолоджувальним/нагрівальним носієм для рекуперації тепла для попереднього нагрівання субстрату і для процесів сушіння. На відміну від цього, цей винахід передбачає використання пари закипання для попереднього нагрівання подачі шляхом прямого нагнітання пари.

CA2992657 описує процес термічного гідролізу субстрату, використовуючи паралельно щонайменше три реактори THP. Використання вакууму не згадується і описані процеси не передбачають використання пари закипання одержаної від будь-якого такого процесу для безпосереднього нагнітання пари закипання для попереднього нагрівання вихідної сировини в пульпері.

WO2013163998 (A1) описує спосіб безперервної обробки біологічного матеріалу при підвищеному тиску перед анаеробним перетравленням, в якому біологічний матеріал переноситься з подавального пристрою в реактор за допомоги різниці тиску або сили тяжіння. Використання вакууму не згадується і описані процеси не передбачають використання пари закипання одержаної від будь-якого такого процесу для безпосереднього нагнітання пари закипання для попереднього нагрівання вихідної сировини в пульпері.

Як видно з вищезазначеного відповідні способи і установки відомі з попереднього рівня техніки, в основному описуються як такі, що мають одну стадію попереднього нагрівання і одну стадію парової обробки, а субстрат, який подається в процес, має температуру приблизно 10-30 °C, а зазвичай близько 15 °C. Крім того, навіть якщо на попередньому рівні техніки згадуються багатократні випарні резервуари, вакуум, і тиск нижче навколишнього середовища, це пов'язано з конденсорними охолоджувачами або випарниками, які використовуються для спроби концентрувати оброблений матеріал, і, отже, не для прямого нагнітання пари для попереднього нагрівання при подачі в посудину попереднього нагрівання, що підтримується нижче тиску навколишнього середовища. Таким чином, рівень техніки не охоплює спосіб, який включає закипання при тиску навколишнього середовища і використання одержаної пари закипання для прямого нагнітання пари для попереднього нагрівання при подачі в посудину попереднього нагрівання, в якій підтримується тиск нижче навколишнього середовища, для полегшення передачі пари закипання.

На відміну від попереднього рівня техніки, цей винахід базується на підтримання частин системи нижче тиску навколишнього середовища шляхом видалення несконденсовних газів, за допомоги вакуумної системи і щонайменше двох пульперів і двох випарних резервуарів для послідовно поетапного попереднього нагрівання і зниження тиску відповідно шляхом нагнітання

парової фази нижче рівня рідини в обидва пульпери. В якості альтернативи система може мати на один випарний резервуар менше, ніж кількість пульперів, але мінімум два пульпера і один резервуар, якщо реактори допускають зменшення тиску шляхом передачі пари закипання з головного простору над поверхнею рідини реактора в пульпер, який працює при найвищій температурі, доки посудини знаходяться в рівновазі з випуском рідкого вмісту у випарний резервуар. Отже, цей винахід задовольняє зростаючу потребу в оптимізації споживання енергії за рахунок досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами відомого рівня техніки, наприклад на прикладі процесів, описаних у WO/2011/006854.

Короткий опис винаходу

Як зазначено вище, установки THP, відомого рівня техніки, в основному мають одну посудину для попереднього нагрівання і одну посудину для закипання, а подача субстрата до THP має температуру приблизно 5-30 °C, найчастіше близько 15 °C, якщо не використовується система попереднього нагрівання для попереднього нагрівання сировини до температури 50 °C. Потік пари закипання від вибуху у випарному резервуарі, таким чином, зазвичай нагріває пульпер до приблизно 85-100 °C, найчастіше близько 90 °C.

Крім того, пульпер, як правило, підтримується при тиску навколишнього середовища, тому температура подачі приблизно вище 23-25 °C, питома температура залежно від питомих теплових втрат конкретного процесу, призведе до закипання в пульпері і втраті теплової енергії. В якості альтернативи, як в пульпері, так і в випарному резервуарі підтримується тиск вище атмосферного, щоб запобігти закипанню в пульпері, але це також призведе до втрати теплової енергії внаслідок більш високих температур в обробленому субстраті, який виводиться з THP. У рідких випадках, коли велика кількість низькотемпературного тепла, яке в іншому випадку могло б бути витраченим, може бути корисно використовувати для нагрівання води для розрідження біовідходів, таких як харчові відходи, перед обробкою в THP. Щоб запобігти пульпер від закипання, на випарному резервуарі можна встановити охолоджувач, щоб зменшити кількість пари закипання, яка повертається до пульпера. Це дозволяє одержати вигоду від меншої в'язкості субстрату внаслідок більш високої температури субстрату до обробки THP, одночасно відвертаючи пульпер від закипання.

На відміну від цього, цей винахід використовує щонайменше дві посудини для попереднього послідовного нагрівання і дві випарні посудини для послідовного поетапного попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно. Оптимальна температура і тиск у цих посудинах залежать від температури сировини в THP. Таким чином, при температурах подачі в реактор приблизно менше 50 °C, 165 °C, одержання певного тиску і приблизно трьох метрах занурення трубок пари закипання в посудині пульпера, тиск як у другому випарному резервуарі, так і в першому пульпері буде підтримуватися нижче тиску навколишнього середовища з допомогою вакуумної системи підключеної до першого пульпера. Однак цей винахід також передбачає процеси, в яких тиск у перших посудинах попереднього нагрівання тиск нижче тиску навколишнього середовища, тоді як тиск у другій посудині попереднього нагрівання вище тиску навколишнього середовища. Таким чином, наприклад, тиск у другій посудині попереднього нагрівання може становити 1,1 барА, тоді як у першій посудині попереднього нагрівання може становити 0,8 барА. Такий сценарій дозволить забезпечити температуру подачі дещо вище 50 °C, зберігаючи при цьому належне використання процесів цього винаходу. Таким чином, вакуумна система способів і установок за цим винаходом є важливою для досягнення зменшеного споживання пари за допомоги двох послідовних посудин попереднього нагрівання і двох місткостей для швидкої обробки. Якщо субстрат знаходиться в діапазоні нормальних температур (10-30 °C), першу посудину для попереднього нагрівання підтримують при значно меншому тиску ніж тиск навколишнього середовища, щоб забезпечити перенесення пари з низькою температурою від другої посудини для швидкого нагрівання до першої посудини для попереднього нагрівання. Це виконується під час контролю тиску в обох посудинах попереднього нагрівання, щоб запобігти закипанню.

Пару закипання зазвичай вводять нижче рівня рідини в обидві посудини попереднього нагрівання. Це гарантує, що пара конденсується в рідині, в той час як інші гази, які не конденсуються проходять крізь рідину і потрапляють у простір під головкою над рідиною. Нагнітання пари закипання через ретельно спроектовані точки закачування сприяє перемішуванню субстрату під час процесу попереднього нагрівання. Однак можливі і інші способи нагнітання пари, такі як-от механічне перемішування. Такі методи, наприклад, базуються на нагнітанні пари в трубопровід, а потім у механічні змішувачі, щоб забезпечити повну конденсацію всієї пари. Однак, як відомо, пізніші системи схильні до витоків, зношення, а також з огляду на наявність H_2S і тіолів, перший метод, який базується на нагнітанні пари закипання нижче рівня рідини в пульперах, є переважним. Датчики температури і тиску

використовуються для розрахунку парціального тиску пари і інших несконденсовних газів у просторі посудин попереднього нагрівання. Вхідні дані цих приладів використовуються для управління клапаном, який випускає гази із судин. Гази з другої (гарячої) місткісті попереднього нагрівання скидаються нижче рівня рідини в першу (холодну) місткість попереднього нагрівання. Це гарантує, що пара, яка подається з технологічним газом, використовується для попереднього нагрівання у першій посудині. Парціальний тиск несконденсовних газів, у першій посудині попереднього нагрівання підтримуватиметься на бажаному рівні. Бажаний парціальний тиск несконденсовних газів, у просторі першої посудини попереднього нагрівання буде залежати від конкретного використовуваного субстрату і температури подачі. При меншому загальному тиску в посудині попереднього нагрівання, більший потік пари закипання з під'єднаного випарного резервуара відновлюється, в той час як більше тепла втрачається у вакуумній системі, оскільки співвідношення між парою і неконденсовними газами збільшується. Вимірювання кількості неконденсовних газів, які виділяються з різних вихідних матеріалів під час обробки THP, показує, що оптимальний об'ємний відсоток неконденсовних газів у більшості випадків становитиме від 10 до 35 %. При цьому оптимумі похідна функції, яка описує втрати тепла вакуумною системою і енергію, яка відновлюється від підключеного випарного резервуара, дорівнює нулю. Моделі, що імітують процес і працюють з даними в реальному часі від відповідної установки, можуть використовуватися для постійного регулювання заданих параметрів процесу для забезпечення оптимальної роботи установки.

Отже, метою цього винаходу є створення процесів і установок, які в контексті процесів, які включають THP і вибух пари, дозволяють оптимізувати споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами відомого рівня техніки.

Ще однією метою цього винаходу є створення процесів і установок, які в контексті процесів, які включають THP і вибух пари, дозволяють оптимізувати споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами попереднього рівня техніки, і які є простими і легкими для інтеграції в існуючі водоочисні установки шляхом модернізації.

Нарешті, метою цього винаходу є використання методів цього винаходу як доповнення шляхом модернізації будь-якого процесу термічного гідролізу з холодною подачею і теплою рідиною, яку скидають. Таким чином, методи цього винаходу можуть поєднуватися з процесами, описаними, наприклад, в WO/2011/006854 і WO/2014/123426 і інші подібні процеси термічного гідролізу з метою покращення утилізації тепла і зменшення загального споживання енергії.

Ці і інші цілі вирішуються цим винаходом.

Відповідно, у першому аспекті винаходу пропонується спосіб гідролізу рідкого субстрату із вмістом твердих речовин від 2 до 30 %, переважно від 14 до 20 %, і температуру від 10 до 30 °C, в якому рідкий субстрат має використовуватися в анаеробній ферментації, біорозкладанні або іншому процесі, спрямованому на одержання або вилучення метану або інших цінних речовин, який характеризується тим, що:

a) зазначений рідкий субстрат переноситься у попередньо нагрітий і перемішаний в першому пульпері, який працює при температурі від 40 °C до 90 °C і при тиску від 0,2 до 0,9 барА, шляхом нагнітання пари нагнітання з випарного резервуара

b) зазначений тиск від 0,2 до 0,9 барА, під яким працює зазначений перший пульпер, підтримується вакуумною системою, яка працює для максимізації конденсації будь-яких конденсовних парів, які не сконденсувалися при проходженні через зазначений рідкий субстрат у першому пульпері

c) зазначена вакуумна система, крім того, здатна максимізувати стискання будь-яких залишкових неконденсовних парів і бути підключеною до інжекторного блока, який здатний нагрівати зазначені несконденсовні пари в анаеробний автоклав, ферментер або будь-яку іншу систему переробки технологічного газу

d) зазначений попередньо нагрітий рідкий субстрат переноситься із зазначеного першого пульпера у другий пульпер, який працює при температурі від 90 °C до 135 °C і тиску від 0,7 до 3,3 барА, і в якому зазначений рідкий субстрат піддається подальшому перемішуванню і попередньому нагріванню, шляхом нагнітання пари закипання з випарного резервуара

e) зазначений додатково попередньо нагрітий рідкий субстрат переноситься із зазначеного другого пульпера до одного або декількох реакторів, які працюють паралельно або послідовно, в яких зазначений рідкий субстрат нагрівається до температур в діапазоні від 140 °C до 180 °C і при тиску від 3,6 до 10 барА

f) зазначений рідкий субстрат переноситься із зазначеного одного або декількох реакторів, які працюють послідовно або паралельно, до першого випарного резервуара, який працює при температурі від 100 °C до 140 °C і при тиску від 1 до 3,6 барА, внаслідок чого відбувається зниження тиску, від якого утворюється потік пари закипання, який утворюється внаслідок

зазначеного зниження тиску, і подається до зазначеного другого пульпера, який працює при температурі від 90 °C до 135 °C і при тиску від 0,7 до 3,3 барА

g) зазначений рідкий матеріал переноситься із зазначеного першого випарного резервуара у другий випарний резервуар, який працює при температурі від 70 °C до 100 °C і при тиску від 0,35 до 1 барА, внаслідок чого відбувається подальше зниження тиску, і звідки пари закипання, яка виникає в результаті подальшого зниження тиску у зазначеному другому випарному резервуарі передається до зазначеного першого пульпера, який працює при температурі від 40 °C до 90 °C і при тиску від 0,2 до 0,9 барА за допомоги зазначеної вакуумної системи.

Цей спосіб покращує і/або оптимізує споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами відомого рівня техніки. Стосовно температур і тисків, зазначених у пунктах a), b), d), e) і f) вище, досвідчений фахівець легко зрозуміє, що в ідеальному сценарії парціальний тиск пари при, наприклад 40 °C, 90 °C і 140 °C, становитиме 0,07 барА, 0,7 барА і 3,6 барА відповідно. Подібним чином, в ідеальному сценарії парціальний тиск пари становить 3,3 барА при 137 °C на відміну від 135 °C. Тобто, встановлені температури і тиски не відповідають лінії насичення пари. Однак, оскільки процеси і методи цього винаходу в багатьох варіантах також включатимуть присутність інших несконденсовних газів, тиски і температури, зазначені в пунктах a), b), d), e) і f), мають в певній мірі бути округлені так, щоб також врахувати можливу присутність інших таких неконденсовних газів.

У варіанті першого аспекту винаходу зазначений спосіб додатково характеризується тим, що взаємозв'язаний охолоджувач пари працює для видалення будь-яких парів, які конденсуються нижче робочої температури зазначеного першого пульпера, і що зазначена вакуумна система працює для максимізації конденсації будь-яких конденсовних парів які не сконденсувалися при проходженні через зазначений рідкий субстрат у першому пульпері, а також у зазначеному взаємозв'язаному охолоджувачі пари.

Цей варіант втілення додатково підвищує і/або оптимізує споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами попереднього рівня техніки.

У другому аспекті винаходу пропонується установка для гідролізу рідкого субстрату із вмістом твердих речовин від 2 до 30 %, переважно від 14 до 20 %, і температура становить від 10 до 30 °C, в якій рідкий субстрат має використовуватися в анаеробній ферментації, біорозкладанні або іншому процесі, спрямованому на одержання або вилучення метану або інших цінних речовин, зазначена установка, яка містить:

a) перший пульпер для перемішування і попереднього нагрівання зазначеного рідкого субстрату, в який передається зазначений рідкий субстрат, і який працює при температурі від 40 °C до 90 °C і при тиску від 0,2 до 0,9 барА, шляхом нагнітання пари закипання від нагнітального випарного резервуара

b) вакуумну систему для підтримання зазначеного тиску від 0,2 до 0,9 барА, під яким працює зазначений перший пульпер, який створюється вакуумною системою, щоб:

- максимізувати конденсацію будь-яких конденсовних парів, які не сконденсувалися при проходженні через зазначену рідку основу в першому пульпері

- максимізувати стискання будь-яких залишків неконденсовних парів і залишкових конденсовних парів

c) інжекційний блок, який здатний впорскувати зазначені несконденсовні пари в нагнітальний анаеробний автоклав або пристрій для переробки технологічного газу, який підключений до зазначеної вакуумної системи

d) другий пульпер, який працює при температурі від 90 °C до 135 °C і тиску від 0,7 до 3,3 барА, в який переноситься зазначений попередньо нагрітий рідкий субстрат із зазначеного першого пульпера і в якому зазначений рідкий субстрат піддається подальшому перемішуванню і попередньому нагріванню, шляхом нагнітання пари закипання від нагнітального випарного резервуару

e) один або кілька реакторів, які працюють паралельно або послідовно, до яких зазначена додатково попередньо нагрітий рідкий субстрат переноситься із зазначеного другого пульпера, і в якому зазначений рідкий субстрат нагрівається до температур в діапазоні від 140 °C до 180 °C при тиску від 3,6 до 10 барА

f) перший випарний резервуар, в який переноситься зазначений рідкий субстрат із зазначеного одного або декількох реакторів, які працюють послідовно або паралельно, причому зазначений перший випарний резервуар працює при температурі від 100 °C до 140 °C і тиску від 1 до 3,6 барА відбувається зниження тиску, і звідки потік пари закипання, який виникає внаслідок зазначеного зниження тиску, переноситься у зазначений другий пульпер, який працює при температурі від 90 °C до 135 °C і при тиску від 0,7 до 3,3 барА

g) другий випарний резервуар, в який переноситься зазначений рідкий матеріал із зазначеного першого резервуара, причому другий резервуар працює при температурі від 70 °C до 100 °C і тиску від 0,3 до 1 барА, завдяки чому відбувається подальше зниження тиску, і звідки водяна пара, що виникає внаслідок зазначеного подальшого зниження тиску у зазначеному другому резервуарі, переноситься до зазначеного першого пульпера, що працює при температурі від 40 °C до 90 °C і при тиску від 0,2 до 0,9 барА за допомогою зазначеної вакуумної системи.

Ця установка підвищує і/або оптимізує споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами попереднього рівня техніки. Стосовно температур і тисків, зазначених у пунктах a), b), d), e) і f) вище, досвідчений фахівець легко зрозуміє, що в ідеальному сценарії парціальний тиск пари при, наприклад 40 °C, 90 °C і 140 °C, становитиме 0,07 барА, 0,7 барА і 3,6 барА відповідно. Подібним чином, в ідеальному сценарії парціальний тиск пари становить 3,3 барА при 137 °C на відміну від 135 °C. Тобто, встановлені температури і тиски не відповідають лінії насичення пари. Однак, оскільки процеси і методи цього винаходу в багатьох варіантах також включатимуть присутність інших несконденсовних газів, тиски і температури, зазначені в пунктах a), b), d), e) і f), мають в певній мірі бути округлені так, щоб також врахувати можливу присутність інших таких неконденсовних газів.

У варіанті здійснення другого аспекту винаходу установка додатково містить взаємозв'язаний охолоджувач парів, який працює для видалення будь-яких парів, які конденсуються нижче робочої температури зазначеного першого пульпера, в якому зазначена вакуумна система використовується для того, щоб:

- максимізувати конденсацію будь-яких конденсовних парів, які не сконденсувалися при проходженні через зазначений рідкий субстрат в першому пульпері, а також у приєднаному пароохолоджувачі, який призначений для видалення будь-яких парів, які конденсуються нижче робочої температури першого пульпера, і
- максимізувати стискання будь-якої залишкової неконденсовної пари.

Цей варіант втілення додатково підвищує і/або оптимізує споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами попереднього рівня техніки.

Будь-який із варіантів здійснення першого аспекту винаходу може бути поєднаний з будь-яким із варіантів здійснення другого аспекту.

У третьому аспекті винаходу пропонується спосіб модернізації існуючої установки для термічного гідролізу рідкого субстрату із вмістом твердих речовин, який становить від 2 до 30 %, переважно від 14 до 20 % і температура від 10 до 30 °C, використовуваний рідкий субстрат має використовуватися в анаеробній ферментації, біорозкладанні або іншому процесі, спрямованому на одержання або вилучення метану або інших цінних речовин, внаслідок чого зазначена модернізація забезпечує, що зазначена установка містить щонайменше таке:

a) перший пульпер для перемішування і попереднього нагрівання зазначеного рідкого субстрату, в який передається зазначений рідкий субстрат, і який працює при температурі від 40 °C до 90 °C і при тиску від 0,2 до 0,9 барА, шляхом нагнітання пари закипання від нагнітального випарного резервуара

b) вакуумну систему для підтримання зазначеного тиску від 0,2 до 0,9 барА, під яким працює зазначений перший пульпер, який створюється вакуумною системою, щоб:

- максимізувати конденсацію будь-яких конденсовних парів, які не сконденсувалися при проходженні через зазначену рідку основу в першому пульпері
- максимізувати стискання будь-якої залишкової неконденсовної пари

c) інжекційний блок, який здатний впорскувати зазначені несконденсовні пари в нагнітальний анаеробний автоклав або пристрій для переробки технологічного газу, який підключений до зазначеної вакуумної системи

d) другий пульпер, який працює при температурі від 90 °C до 135 °C і тиску від 0,7 до 3,3 барА, в який переноситься зазначений попередньо нагрітий рідкий субстрат із зазначеного першого пульпера і в якому зазначений рідкий субстрат піддається подальшому перемішуванню і попередньому нагріванню, шляхом нагнітання пари закипання від нагнітального випарного резервуару

e) один або кілька реакторів, які працюють паралельно або послідовно, до яких зазначений додатково попередньо нагрітий рідкий субстрат переноситься із зазначеного другого пульпера, і в якому зазначений рідкий субстрат нагрівається до температур в діапазоні від 140 °C до 180 °C при тиску від 3,6 до 10 барА

f) перший випарний резервуар, в який переноситься зазначений рідкий субстрат із зазначеного одного або декількох реакторів, які працюють послідовно або паралельно, причому зазначений перший випарний резервуар працює при температурі від 100 °C до 140 °C і тиску від

1 до 3,6 барА відбувається зниження тиску, і звідки потік пари закипання, який виникає внаслідок зазначеного зниження тиску, переноситься у зазначений другий пульпер, який працює при температурі від 90 °С до 135 °С і при тиску від 0,7 до 3,3 барА

g) другий випарний резервуар, в який переноситься зазначений рідкий матеріал із зазначеного першого резервуара, причому другий резервуар працює при температурі від 70 °С до 100 °С і тиску від 0,3 до 1 барА, завдяки чому відбувається подальше зниження тиску, і звідки водяна пара, що виникає внаслідок зазначеного подальшого зниження тиску у зазначеному другому резервуарі, переноситься до зазначеного першого пульпера, що працює при температурі від 40 °С до 90 °С і при тиску від 0,2 до 0,9 барА за допомогою зазначеної вакуумної системи.

Цей спосіб модернізації покращує і/або оптимізує споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами попереднього рівня техніки. Стосовно температур і тисків, зазначених у пунктах a), b), d), e) і f) вище, досвідчений фахівець легко зрозуміє, що в ідеальному сценарії парціальний тиск пари при, наприклад 40 °С, 90 °С і 140 °С, становитиме 0,07 барА, 0,7 барА і 3,6 барА відповідно. Подібним чином, в ідеальному сценарії парціальний тиск пари становить 3,3 барА при 137 °С на відміну від 135 °С. Тобто, встановлені температури і тиски не відповідають лінії насичення пари. Однак, оскільки процеси і методи цього винаходу в багатьох варіантах також включатимуть присутність інших несконденсовних газів, тиски і температури, зазначені в пунктах a), b), d), e) і f), мають в певній мірі бути округлені так, щоб також врахувати можливу присутність інших таких неконденсовних газів.

У варіанті здійснення третього аспекту винаходу спосіб модернізації додатково включає забезпечення того, що зазначена установка містить взаємозв'язаний охолоджувач пари, який призначений для видалення будь-яких парів, які конденсовні нижче робочої температури зазначеного першого пульпера, і що зазначена вакуумна система працює для того, щоб:

- максимізувати конденсацію будь-яких конденсовних парів, які не сконденсувалися при проходженні через зазначений рідкий субстрат в першому пульпері, а також у приєднаному пароохолоджувачі, який призначений для видалення будь-яких парів, які конденсуються нижче робочої температури першого пульпера, і
- максимізувати стискання будь-якої залишкової неконденсовної пари.

Цей спосіб модернізації додатково покращує і/або оптимізує споживання пари шляхом досягнення меншого споживання пари порівняно з процесами попереднього рівня техніки.

Будь-який із варіантів здійснення першого аспекту і другого аспекту винаходу може бути поєднаний з будь-яким із варіантів здійснення третього аспекту.

Короткий опис фігур

На Фіг. 1 і 2 показані два різні варіанти здійснення установки згідно з цим винаходом для здійснення способу згідно з цим винаходом.

На Фіг. 3 і 4 показані два різні особливо переважні варіанти здійснення установки згідно з цим винаходом для здійснення способу згідно з цим винаходом, який використовує барометричне відкачування.

Детальний опис винаходу

Далі цей винахід буде описаний більш докладно з посиланням на перелік умовних позначень, які також використовується на доданих Фіг. 1-4.

Цей винахід відноситься до способів і установок, які використовують процеси термічного гідролізу (THP) у поєднанні з вибухом пари, які використовують пульпери і резервуари для попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно. Цей винахід також стосується способів модернізації існуючих установок, які використовують процеси термічного гідролізу (THP).

Як вже зазначалося вище, цей винахід використовує вакуум у поєднанні щонайменше з двома пульперами і двома випарними резервуарами послідовно для поетапного попереднього нагрівання і зниження тиску відповідно.

Оптимальна температура і тиск в окремих посудинах у способі або установці згідно з цим винаходом будуть залежати від температури вхідної сировини для THP. При температурі сировини приблизно нижче 50 °С, тиск у другому випарному резервуарі і першому пульпері підтримуватиметься нижче тиску навколишнього середовища за допомоги вакуумної системи, підключеної до першого пульпера. Зазвичай температура в подачі в THP становить приблизно 15 °С, а нормальний діапазон становить від 10 до 30 °С, наприклад 15-25 °С. Це робить вакуумну систему необхідною для досягнення зменшеного споживання пари за рахунок використання двох пульперів і двох випарних резервуарів. Якщо субстрат знаходиться в нормальному діапазоні температур, перший пульпер підтримується при тиску значно нижче тиску навколишнього середовища, щоб забезпечити перенесення пари з низькою температурою

від другого випарного резервуара до першого пульпера. Це виконується під час контролю тиску в обох посудинах пульпера, щоб запобігти закипанню.

Пару закипання бажано вводити нижче рівня рідини в обидва пульпери. Це гарантує, що пара конденсується в рідині, в той час як інші гази, які не конденсуються проходять крізь рідину і потрапляють у простір під головкою над рідиною. Датчики температури і тиску використовуються для обчислення парціального тиску пари і інших несконденсовних газів у простір над поверхнею рідини резервуарів. Вхідні дані цих приладів використовуються для управління клапаном, який випускає гази із судин. Гази з другого (відносно гарячого) пульпера вентилюються до рівня рідини нижче першого (відносно холодного) пульпера. Це гарантує, що пара, яка переноситься з технологічним газом, використовується для попереднього нагрівання в першому пульпері. Парціальний тиск неконденсовних газів у першому пульпері буде підтримуватися на бажаному рівні. Оптимальний парціальний тиск неконденсовних газів у просторі над рівнем рідини першого пульпера залежить від конкретного використовуваного субстрату.

Зазвичай температура рідкого субстрату, який подається до першої пульпера в способі або установці згідно з цим винаходом, буде в діапазоні від 10 до 30 °C, наприклад 15-25 °C, наприклад 20-25 °C, а температура гідролізу, який застосовується в одному або декількох реакторах, що працюють паралельно або послідовно за другим пульпером, буде знаходитися в діапазоні від 140 до 180 °C, наприклад 155-165 °C, наприклад близько 160 °C залежно від температури навколишнього середовища і сировини.

Як випливає з вищевикладеного, особливо переважим варіантом здійснення цього винаходу є забезпечення способів і установок (нових або модернізованих), які базуються на системі з двома пульперами і двома резервуарами, в якій перший пульпер підключений до вакуумної системи. Однак кваліфікований фахівець легко зрозуміє, що деякі інші варіанти здійснення, які характеризуються тими самими технічними характеристиками, можуть бути легко одержані із незначними змінами переважних способів і установок (нових або модернізованих) цього винаходу, тобто тих, які базуються на системі з двома пульперами і двома випарними резервуарами, в якій перший пульпер підключений до вакуумної системи. Деякі з цих додаткових варіантів здійснення, які також належать до цього винаходу, будуть пояснені дещо детальніше нижче.

Першим додатковим варіантом здійснення є система, яка базується на двох пульперах, але лише одним випарним резервуаром для досягнення однаково низького споживання пари, як описано у переважному варіанті здійснення вище, базується на системі з двома пульперами і двома випарними резервуарами, в якій перший пульпер з'єднаний з вакуумною системою. Для цього необхідно, щоб перший пульпер був під'єднаний до вакуумної системи, а лінія, що з'єднує простір під головкою над рідиною реактора(-ів) з другим пульпером, використовувалась для скидання тиску реактора(-ів) до тих пір, поки реактор(-и) і другий пульпер не будуть врівноважені перед перенесенням рідкого субстрату з реактора(-ів) у випарний резервуар. В такій системі можна використовувати на один резервуар менше, ніж кількість пульперів, оскільки реактор(-и) відіграватиме подібну роль, як перший випарний резервуар в системі з парною кількістю пульперів і випарних резервуарів, в які передається рідкий субстрат з реактора(-ів) при максимальному тиску. В такій системі рідкий субстрат у реакторі(-ах) закипить, коли пара передається з реактора для попереднього нагрівання субстрату в пульпері. Отже, щоб запобігти потраплянню рідини в систему пари закипання, важливо, щоб об'єм продуктивного простору над поверхнею рідини в реакторі(-ах) в такій системі був значним і щоб швидкість передачі пари була низькою. Значний необхідний об'єм простору над поверхнею рідини призводить до менш ефективного використання наявного об'єму(-ів) реактора, а низькі швидкості передачі пари збільшують час циклу для кожного реактора. Обидва ці ефекти зменшують пропускну здатність системи. Завдяки цьому ефективніше використовувати парну кількість пульперів і випарних резервуарів і вивантажувати субстрат з реакторів при максимальному тиску.

Збільшення кількості ступенів закипання призведе до меншого загального споживання пари. У процесі, що базується на a) подачі при 15 °C і 16,5 % вмісті сухих твердих речовин, b) всі точки нагнітання пари закипання, зануреної на 2 метри нижче рівня рідини, c) температура реактора 165 °C, d) гази, які не конденсуються дають парціальний внесок 0,1 бар в першому пульпері і c) відсутність втрат тепла у навколишнє середовище. Загальне споживання пари становитиме приблизно 530 кг пари на тонну сухих твердих речовин, оброблених за умови використання трьох етапів закипання. Для порівняння, процеси з двома стадіями закипання або однією стадією закипання споживатимуть 640 і 900 кг насиченої пари при тиску барА (бар абсолютного тиску) на тонну сухих твердих речовин, відповідно. Для процесу в подібних

умовах, які описані вище, температура у першому пульпері складатиме приблизно 43 °С, якщо використовуються три етапи закипання, і 64 °С, якщо використовуються два етапи закипання.

В'язкість більшості рідких субстратів зменшується із збільшенням температури і зростає зі збільшенням вмісту сухих твердих речовин. Наприклад для таких субстратів, як шлам від установок очищення води, в'язкість зазвичай значно знижується при нагріванні матеріалу від температури навколишнього середовища приблизно до 60 °С. В'язкість продовжує зменшуватися при нагріванні до більш високих температур, але в дещо меншій мірі. При низькій температурі в першому пульпері може виникнути необхідність керувати процесом із меншим вмістом сухих твердих речовин у сировині, щоб підтримувати в'язкість на регульованому рівні. За подібних умов процесу, які описані вище, процеси з двома або трьома стадіями закипання матимуть однакове споживання пари на тонну сухої твердої речовини, якщо вміст сухих твердих речовин у сировині становить відповідно 13,8 % і 16,5 %. Через це вигода від використання трьох етапів закипання може бути втрачена, якщо виникне необхідність зменшити вміст сухих твердих речовин у сировини, щоб підтримувати в'язкість на керованому рівні.

Крім того, як відомо кваліфікованому фахівцю, можна попередньо нагріти наданий рідкий субстрат, використовуючи гарячу воду для розведення, в теплообмінниках тощо. У таких ситуаціях, тобто якщо температура рідкого субстрату, який подається до першого пульпера, а також температура гідролізу, яка застосовується в одному або декількох реакторах, які працюють паралельно або послідовно нагнітання в другому пульпері, досить високе, тому робочий тиск першого пульпера зазвичай перевищує 1 барА. Одним із прикладів цього може бути процес, при якому рідкий субстрат попередньо нагрівається до температури 40 °С з невеликою кількістю неконденсовних газів і в якому гідроліз проводиться при температурі 220 °С (і 23,2 барА). У цьому випадку перший пульпер зазвичай працює при температурі 115 °С і приблизно 1,8 барА. Також у варіанті здійснення, який базується на таких умовах експлуатації, кваліфікованому фахівцеві одразу стає очевидним, що принаймні деякі переваги цього винаходу все-таки будуть одержані. Таким чином, цей винахід також буде придатним для способів і/або установок, які використовують два пульпера і випарний резервуар послідовно і сировину, яка має достатньо високі температури для до того, щоб перший пульпер працював при тиску вище тиску навколишнього середовища. Іншим прикладом такого способу і/або установки може бути спосіб/установка, які використовують субстрат, який має температуру близько 65-70 °С і тиск одержання реактора близько 7 барА. Крім того, за такого сценарію може бути корисним використовувати три пульпери і три випарні резервуари послідовно, замість двох, оскільки це, також у цій ситуації, дозволить використовувати пару при тиску нижче тиску навколишнього середовища для попереднього нагрівання будь-якого одержуваного рідкого субстрату. Цей винахід також стосується будь-яких таких способів і/або установок.

Однак у більшості ситуацій у способі або установці цього винаходу не буде достатнім використовувати послідовно більше двох пульпер і двох резервуарів, оскільки температура рідкого субстрату і температура гідролізу будуть нижчими 40 °С і 180 °С відповідно.

У попередніх технологічних процесах звичайний вакуумний охолоджувач використовував би вакуумний компресор для створення вакууму після конденсаційного охолоджувача. Потім конденсаційний охолоджувач видаляв би конденсовні пари так, щоб вакуумний компресор працював на залишкових газах, які часто називають неконденсовними газами. У способі або установці згідно з цим винаходом вакуумний компресор не повинен обробляти всі пари, а лише працювати з неконденсовними газами і, отже, має виконувати мінімум роботи. Конденсаційний охолоджувач для використання в способі або установці згідно з цим винаходом може бути розроблений по-різному, наприклад пластинчастий теплообмінник, трубчастий теплообмінник вертикальний або горизонтальний, падаюча плівка або інші рішення, які добре відомі в конденсорних технологіях, таких як-от вакуумні випарники. Загальним для цих рішень є те, що теплоносій має охолоджувати теплові поверхні для непрямого охолодження і конденсації парів. Тобто, цей винахід значною мірою обходить необхідність в конденсаційному охолоджувачі, використовуючи один або кілька додаткових пульперів, що забезпечують прямий контакт між холодним субстратом і конденсовною парою. Завдяки цій прямій контактній конденсації всередині пульпера холодний субстрат попередньо нагрівається без будь-яких нагрівальних поверхонь, які, як відомо, піддаються накипу. Крім того, цей винахід дозволяє уникнути проблем зі зменшенням тепловіддачі через накип в теплообмінниках. Більше того, проблеми з тепловіддачею мінімізовані, оскільки відсутні нагрівні поверхні. Крім того, цей винахід мінімізує потребу в традиційних охолоджувачах на теплих гідролізованих субстратах перед процесом ферментації, таким як-от анаеробне розщеплення для виробництва метану.

Важливим аспектом цього винаходу є відновлення тепла при температурах, які нижчі порівняно з умовами, в яких працюють існуючі установки ТНР. Дуже важливо, щоб вся пара, що

повертається до посудин попереднього нагрівання, конденсувався в субстрат, який необхідно попередньо нагріти. Це стає надзвичайно складним завданням у першому пульпері, який працює при найнижчій температурі, оскільки в'язкість зростає із зниженням температури. Однак, так званого тунелювання пари, яке характеризується парою, яка рухається від точки нагнітання через поверхню рідини, можна уникнути, забезпечуючи ефективне перемішування субстрату в посудині попереднього нагрівання. Густина пари зменшується із зменшенням тиску. Як результат, об'єм пари, яка передається до першої посудини попереднього нагрівання, в більшості випадків буде значним. Цей ефект може бути використаний і застосований для перемішування субстрату в посудині попереднього нагрівання шляхом нагнітання пари в ретельно розроблені точки нагнітання. Це дозволяє обробляти дуже в'язкі субстрати з високим вмістом сухих твердих речовин, вміст яких перевищує 10 %, незважаючи на нижчі температури у порівнянні з існуючими процесами термічного гідролізу. Ефективне перемішування важливо не тільки для забезпечення конденсації всієї пари, що повертається до посудин попереднього нагрівання, але також для гомогенізації субстрату перед подальшою переробкою. Отже, гомогенізація субстрату перед переробкою в реакторах також забезпечує більш повний гідроліз. Конденсація пари H_2O в холодному субстраті може спричинити сильні вібрації через імплозії. Тяжкість імплозій є результатом тиску і температури в паровій фазі, а також розміру пухирців пари і температури в підкладці. Велика різниця температур і різниця тисків зумовлює найсильніші вібрації. Нормальним методом зменшення температури і різниці тисків між парою і рідиною буде зменшення тиску пари за допомоги механізму зниження тиску, такого як-от клапан зниження тиску, регулюючий клапан або будь-який інший тип обмеження, який спричиняє падіння тиску пари лінія живлення. Пара, яка надходить з випарних резервуарів, не буде чистою водяною парою і містить компоненти, які, як відомо, можуть спричинити накип і закупорки при таких обмеженнях. Натомість спосіб або установка згідно з цим винаходом використовує вакуумний компресор для зниження тиску і створення вакууму після видалення парів H_2O і забруднень шляхом конденсації і нагнітання крізь пульпер при безпосередньому контакті з холодним субстратом, який має pH в межах 3,5-8,5. Спосіб або установка згідно з цим винаходом, таким чином, знижує тиск пари без таких механізмів зниження тиску, які наявні у паровій фазі, і робить це в такій мірі, що пульпер(-и) може працювати при відносно низьких температурах, як правило, 40-85 °C, більш типово 50-70 °C, і навіть більш типово в діапазоні 58-68 °C, з мінімальними вібраціями і забезпечуючи великий ступінь рекуперації тепла. Одним із прикладів конкретного корисного втілення способу або установки згідно з цим винаходом може бути обробка лужного субстрату з pH в діапазоні 7,0-8,5. Іншим прикладом конкретного корисного втілення способу або установки згідно з цим винаходом буде обробка субстрату з pH в діапазоні 3,5-7,0.

Для більшості відповідних субстратів в'язкість зростає із збільшенням концентрації сухих твердих речовин, тоді як в'язкість зменшується із збільшенням температури. В'язкість необроблених субстратів, таких як-от мул, зазвичай значно знижується при нагріванні від температури навколишнього середовища до приблизно 60-65 °C. Нагрівання до ще більш високих температур призведе до подальшого зниження в'язкості. Цей винахід дозволяє працювати при високій концентрації сухих твердих речовин. Як відомо кваліфікованому фахівцеві, високі концентрації сухих твердих речовин самі по собі сприятимуть зменшенню споживання пари за величиною приблизно 10-30 % залежно від характеристик субстрату. Крім того, спосіб або установка згідно цього винаходу з двома пульперами і двома резервуарами зменшує загальне споживання пари порівняно з попередньо відомою технологією THP на 25-40 % залежно від температури подачі в THP.

Подальший переважний варіант здійснення цього винаходу полягає у тому, щоб подрібнювач(-и) включав систему введення пари, яка забезпечує перемішування високої інтенсивності за допомоги об'ємних парів в умовах вакууму. Це могло б створити додаткову перевагу цього винаходу, оскільки другий пульпер(-и) буде одержувати попередньо розігрітий субстрат приблизно при 50-80 °C, точніше 60-70 °C, це зменшить вимоги до перемішування і призведе до зменшеного проектного об'єму порівняно з пульперами в звичайних системах THP. Більше того, потреба в механічному перемішуванні як така буде зменшена. Які б засоби перемішування не використовувались у конкретному варіанті здійснення, посилене перемішування може бути досягнуте за рахунок оптимізованої орієнтації трубок і з допомогою додаткового накачування. За типовим сценарієм перший пульпер зазвичай одержує сировину приблизно при 15 °C, яка нагрівається до приблизно 65 °C. Другий пульпер одержує потім сировину приблизно при 65 °C, яка потім додатково нагрівається до температури вище 100 °C.

Ще один особливо переважний варіант здійснення способу або установки згідно з цим винаходом включає використання перепадів тиску для переміщення рідких субстратів як у

перший пульпер, так і між різними посудинами, розташованими нижче за течією, тобто так звану барометричне накачування. У певних варіантах здійснення барометричне накачування буде застосовуватися на всіх етапах, які включають перенесення рідкого субстрату в перший пульпер і між різними подальшими посудинами, в інших варіантах здійснення барометричне відкачування застосовуватиметься лише на деяких етапах, які включають перенесення рідкого субстрату в перший пульпер і/або між різними посудинами, розташованими далі. В останньому випадку передача рідкого субстрату може, отже, також частково здійснюватися за допомоги звичайних насосів (відцентрових або прогресивних порожнинних насосів).

На Фіг. 3 і 4 показані два такі різні особливо переважні варіанти здійснення системи згідно з цим винаходом, що використовують барометричну накачку.

У контексті способу або установки за цим винаходом барометричне накачування слід розуміти як першу місткість під тиском, яка використовується для перекачування субстрату через різницю тисків. Першу посудину заповнюють субстратом, який підлягає перекачуванню, і згодом в нього подають газ. Це призведе до виштовхування субстрату з першої посудини через трубопроводи в дні посудини, якщо трубопроводи з'єднані з другою посудиною, яка має тиск нижче тиску першої посудини. У способі або установці за цим винаходом така конструкція забезпечить певні переваги порівняно з механічним відкачуванням.

Загальні переваги барометричного відкачування включають:

a. Не потрібно механічної енергії.

b. Рухомі деталі не стикаються з субстратом, що призводить до зменшення зношення і зниження ризику витоку через ущільнення тощо.

c. Легко одержати відносно високий тиск (понад 5 барА), що забезпечує більш високі швидкості.

Додаткові переваги барометричного відкачування незалежно від конфігурації THP включають:

a. У періодичному THP субстрат періодично переміщується між посудинами, які знаходяться під тиском. Тому не є недоліком те, що барометричне відкачування зазвичай не може забезпечувати постійний потік.

b. Об'єм посудини під тиском, який використовується для барометричного відкачування, може дорівнювати бажаному об'єму заповнення реактора, і таким чином відомий об'єм дозується в реактор. Це замінює контрольно-вимірювальні прилади THP, щоб забезпечити правильний об'єм заповнення реактора.

c. Пара, яка використовується для тиску в посудині під тиском, яка використовується для барометричного відкачування, замінює пару в реакторі(-ах), яка використовується в подальших реакторах. Наслідком цього є те, що барометричне відкачування вище наступного реактора(-ів) не впливає на загальне споживання пари в процесі THP.

d. Вигідним є великий об'єм пульпера для вирівнювання коливань температури. Об'єм посудини під тиском, яка використовується для барометричного відкачування, можна розглядати як частину об'єму пульпера. Перевагою великої маси є більш стабільна температура і збільшення часу перебування під тиском. В'язкість таких субстратів, як мул, зменшується із збільшенням часу перебування в пульпері.

e. Потужність установок THP збільшується, оскільки реактор можна заповнити швидше, ніж це можливо за допомоги механічних насосів, які використовуються в існуючих процесах THP.

f. Більш високі швидкості, які можна досягти за допомоги барометричного відкачування, уможливлюють краще перемішування вмісту пульпера. За допомоги барометричного яйця ви можете досягти потужного пульсуючого перемішування, яке забезпечує ефективне перемішування і вирівнювання температури в пульпері.

g. Процеси THP працюють з рідинами поблизу точки кипіння. Таким чином, кавітація на стороні всмоктування насосів є проблемою. Барометричне відкачування не має таких самих проблем з кавітацією, як механічні насоси.

h. Коротке з'єднання посудини під тиском, яка використовується для барометричного відкачування, з вакуумною системою призводить до того, що посудина під тиском наповниться швидше.

Переваги барометричної накачки, спеціально для процесів THP з двома пульперами і двома випарними резервуарами, є такими:

a. Складно знайти прокладки навколо поворотних осей насосів, які працюють по черзі як при тиску нижчому, так і при тиску вищому за навколишній в центрі точки кипіння. Робота з барометричним насосом є менш вимогливою стосовно якості ущільнень, і складності умов експлуатації, тому вони, не впливають на загальну вартість системи в такій мірі, як це було б у випадку з механічним відкачуванням.

b. При використанні двох пульперів температура в першому пульпері є низькою. При низькій температурі (перший пульпер) в'язкість вища, і розчин, який використовують в барометричному відкачуванні, більш придатний для перекачування дуже в'язких субстратів, таких як-от шлам.

c. У системі з двома пульперами температура вища, ніж у звичайній системі. Складно знайти еластомери (які застосовуються в насосах з позитивним витісненням), які витримують високі температури у другому пульпері (від 110 до 130 °C). При барометричному перекачуванні це не складно. Це могло б створити додаткову вигоду від зменшення потреби в насосах для подачі реактора.

Отже, цей винахід забезпечує спосіб безперервного або періодичного гідролізу матеріалу шляхом поетапного попереднього нагрівання і охолодження за допомоги нагнітання пари закипання і відповідно, полегшення закипання пари. Крім того, щонайменше одна місткість для попереднього нагрівання і щонайменше одна місткість для зниження температури підтримуються нижче тиску навколишнього середовища через з'єднувальні трубопроводи. Це дозволяє передавати пари закипання при температурі нижче 100 °C для попереднього нагрівання матеріалу, який надходить в резервуар попереднього нагрівання. В особливо переважному варіанті здійснення способу або установки за цим винаходом перенесення рідкого субстрату досягається барометричним перекачуванням.

Коротше кажучи, спосіб згідно з цим винаходом можна охарактеризувати так:

a) Рідкий субстрат переноситься і попередньо нагрівається шляхом нагнітання пари закипання в пульпер, тиск в якому підтримується нижче тиску навколишнього середовища, за допомоги вакуумної системи.

б) Вакуумна система містить будь-який тип вакуумного компресора або вакуумного насоса, який працює з неконденсовними парами при проходженні крізь рідини в попередньо нагрітих пульперах і охолоджувачах пари, призначених для видалення пари нижче температури пульпера.

в) Вакуумна система також стискає неконденсовну пару і підключена до агрегата, який нагнітає неконденсовні гази в подальші анаеробні автоклави або для іншої біологічної обробки.

d) Перенесення субстрату в другий пульпер попереднього нагрівання, який підтримується вище тиску навколишнього середовища.

e) Один або декілька реакторів, в яких субстрат обробляють при температурі в діапазоні від 140 до 220 °C. На установках, що працюють у періодичному режимі, реактори можуть періодично розміщуватися у вакуумі за допомоги лінії, яка з'єднує реактори з попередньо нагрітим пульпером, який підтримується нижче тиску навколишнього середовища. Другий пульпер попереднього нагрівання працює при тиску вищому, ніж тиск навколишнього середовища. Більш високий тиск забезпечує підвищену температуру в пульпері, що призводить до зниження в'язкості. Одержана різниця тисків може використовуватися при прийнятній в'язкості для перенесення рідкого матеріалу в реактори без використання насосів. Однак практичним може бути використання насосів для подолання втрат на тертя в трубах, якщо в'язкість субстрату занадто висока. Замість механічних насосів переважно застосовувати барометричну перекачку для циркуляції в пульпері і перенесення субстрату в реактор.

f) Після обробки в реакторі субстрат переноситься в перший з двох випарних реакторів для зниження тиску. Пара закипання, яка виникає внаслідок зниження тиску, передається другому з двох пульперів попереднього нагрівання, який підтримується при навколишньому або більш високому тиску.

g) Субстрат з першого випарного резервуара для зниження тиску переноситься у другий резервуар для зниження тиску, тиск в якому підтримується нижче тиску навколишнього середовища. Пара закипання, яка виникає внаслідок зниження тиску у другому резервуарі, переноситься у перший пульпер попереднього нагрівання, який підтримується при тиску, меншому тиску навколишнього, з допомогою обладнання для створення вакууму.

Традиційне обладнання може бути використано для створення вакууму на неконденсовних газах і парах, щоб полегшити передачу пари закипання при тиску, нижчому від навколишнього, до пульпера попереднього нагрівання в процесі термічного гідролізу.

Вакуумну систему на пульпері попереднього нагрівання низького тиску можна підключити до агрегату, який нагнітає неконденсовні гази в анаеробний автоклав або використовує інші способи обробки технологічних газів.

У ще одному переважному варіанті здійснення способу або установки згідно з цим винаходом об'ємні бульбашки пари низького тиску мають тиск нижчий атмосферного тиску, зменшений в розмір бульбашок розмір яких лежить в межах 1-50 мм, переважно менше 25 мм, більш переважно менше 10 мм, щоб мінімізувати вібрації і максимізувати утилізацію і перемішування тепла.

У ще одному переважному варіанті здійснення способу або установки згідно з цим винаходом обидва пульпери попереднього нагрівання можуть бути оснащені насосами або мішалками для подальшого перемішування у разі надзвичайно високої в'язкості.

У ще одному переважному варіанті здійснення способу або установки згідно з цим винаходу обидва пульпери попереднього нагрівання обладнані вихідним отвором для субстрату на рівні вище точки нагнітання перегрібленої пари закипання з першого або другого випарного резервуара для зниження тиску.

У ще одному переважному варіанті здійснення способу або установки згідно з цим винаходом живлення пульпера для попереднього нагрівання здійснюється або через дно пульпера попереднього нагрівання, або вище рівня рідини пульпера попереднього нагрівання у поєднанні із системою зменшення розміру субстрату і системою розподілу, що збільшує питому площу поверхні холодного субстрату або нижче рівня рідини попередньо нагрітого пульпера у поєднанні із системою зменшення і розподілу розміру субстрату, що збільшує питому площу поверхні холодного субстрату.

У ще одному переважному варіанті здійснення способу або установки згідно з цим винаходом вміст інертних газів всередині пульпера контролюється з допомогою системи управління, шляхом контролю температури, тиску і відкриття клапанів при розрахунку "помилкового тиску", що означає відхилення від лінії насичення пари.

У ще одному переважному варіанті здійснення способу або установки згідно з цим винаходу застосовується блок теплового перемішування і перенесення для перенесення субстрату між двома пульперами, пульпером a і пульпером e, а також може бути використаний для перенесення з пульпера e до подальшого реактора(-ів).

В особливо переважному варіанті здійснення способу або установки згідно з цим винаходом такий блок термічного перемішування і перенесення може мати:

A) посудину, яка має наповнювальний об'єм, який використовується для перенесення і заповнення субстрату в реактор.

Б) пару закипання, яка додається у верхню частину над рівнем рідини в посудині для підвищення тиску.

B) клапани закриття подачі від пульпера.

Г) клапани для розподілу скидання до наступної посудини.

E) клапани для розподілу скидання на дно подрібнювача для перемішування пульпера.

F) Засоби для підведення теплого субстрату від високого рівня пульпера вище рівня заповнення 50 % і більш переважно більше 60 % рівня заповнення і ще більш переважно 70 % рівня заповнення до більш холодного субстрату в нижній частині пульпера для перемішування субстрату без допомоги насосів.

Реактори способу або установки згідно з цим винаходом можуть використовуватися послідовно або паралельно.

У особливо переважному варіанті здійснення цього винаходу створюється вакуум на неконденсовних газах після того, як всі конденсовні гази спочатку конденсуються у високотемпературному пульпері для попереднього нагрівання субстрату, а потім у низькотемпературному пульпері для попереднього нагрівання до нижчої температури субстрату і (необов'язково) парогазовий охолоджувач для мінімізації об'єму для створення вакууму і стискання неконденсовних газів.

Приклад 1

Установка відповідно до переважного втілення цього винаходу містить щонайменше дві вакуумні посудини, одну перед THP (пульпер 1 (a)) і одну нагнітальну в THP (випарний резервуар 2 (b)). Дві посудини з'єднані трубою з верхньої частини резервуара 2 (b) через трубки, розподілені в пульпері 1 (a). Вакуумний компресор (c), наприклад, рідинно-кільцевий компресор, підключений до головного простору пульпера 1 (a), буде створювати вакуум у головному просторі пульпера. Робота, яку робить вакуумний компресор, проводитиметься на неконденсовних газах в пульпері 1 (a) і подальшому конденсорному охолоджувачі (г). Пара закипання з резервуара 2 (b) буде витягуватися через трубопровід 1 (a) і конденсуватись, потрапляючи в рідку фазу в пульпері 1 (a) через трубки для пари. Парціальний тиск пари в пульпері 1 становитиме близько 0,2 бар, що означає температуру кипіння приблизно 60 °C, тоді як загальний тиск може бути дещо вищим через наявність інших неконденсовних газів. Частина пари буде проходити з неконденсовними газами і полишатиме пульпер 1 (a) і конденсуватиметься у невеликому конденсорному охолоджувачі перед вакуумним компресором (c). Це зводить до мінімуму необхідну роботу вакуумного компресора (c), оскільки він має працювати лише з неконденсовними газами.

Дві посудини (пульпер 1 і випарний резервуар 2) можуть бути побудовані один на одному для досягнення компактного і економічно вигідного рішення, хоча це не є абсолютно необхідним. Більше того, розташування один на одному, забезпечує важливі переваги процесу, такі як-от:

- верхній випарний резервуар 2 забезпечує підвищений тиск на вході насосів подачі автоклава (o), при розташуванні на рівні підлоги.

- в якості альтернативи, верхній пульпер 1 забезпечує підвищений тиск на вході в насосну систему, виконану для перенесення субстрату з пульпера 1 в пульпер 2.

- невеликі відстані і менший перепад тиску в з'єднувальних трубопроводах.

На Фіг. 1 і 2 вказані два різні технічні рішення з різним ступенем інтеграції в процес термічного гідролізу. Фіг 2 дозволяє використовувати вакуум для переміщення субстрату між посудинами і, таким чином, усунення насосів. У разі усунення насосів буде необхідний ретельний контроль за різницею тисків. Більше того, парові трубки потрібно оптимізувати для досягнення добре перемішаних посудин пульпера. Це стосується як пульпера 1 (a), так і пульпера 2 (e). Насоси подачі реактора (n) також можуть бути виключені. Наповнення реакторів також може бути виключено, якщо простір головки над рідиною реактора з'єднаний з вакуумним компресором (c) через клапан (t), щоб мінімізувати тиск у реакторах під час наповнення субстратом.

На реологію субстрату впливає температура субстрату. В основному в'язкість зменшується при підвищенні температури. Наслідком експлуатації установки згідно з цим винаходом є те, що високотемпературний матеріал подається в пульпер 2 (e). Результатом підвищення температури подачі пульперу 2 буде підвищення температури всередині пульпера 2 (e) під час роботи. При більш високій температурі рідина буде легше переміщатися між посудинами, і можна досягти меншого часу подачі реактора (g). Оскільки час подачі реактора становить значну частину загального часу циклу THP, загальна потужність THP зросте рівнозначно. Ще однією перевагою роботи при підвищених температурах стане легше перемішування подрібнювача 2 (e).

Пульпер 2 (e) – це посудина з безперервним живленням з безперервним виводом при живленні реакторів (g). Переривчастий вивід робить необхідним враховувати певні зміни рівня пульпера 2 (e) протягом циклу.

Випарний резервуар 1 (j) працюватиме при дещо вищому тиску, ніж пульпер 2 (e). Різниця тиску в основному визначатиметься підняттям вогнетривких парових патрубків (q) у пульпері 2 (e) і падіння тиску в спайковому трубопроводі пари (змінного струму) і запальних водяних патрубків (q).

Випарний резервуар 2 (b) буде працювати при дещо вищому тиску, ніж тиск 1 (a). Різниця тиску в основному визначатиметься підйомом трубок (s) пари закипання в пульпері 1 (a) і падінням тиску в трубопроводі пари закипання (ab) і трубок (s) пари закипання

Приклад 2

У цьому прикладі необхідний додатковий пульпер і випарний резервуар в способі або установці згідно з цим винаходом, будуть позначатися відповідно як пульпер a і випарний резервуар b відповідно. Установка THP за винаходом також включатиме пульпер e і випарний резервуар j, подібні до посудин на існуючих установках THP. Основні технологічні потоки показані на фігурі нижче.

На Фіг. 1 і 2 показані два різні варіанти здійснення системи згідно з цим винаходом.

Пульпер a

Усі трубопроводи для вентиляції несконденсовних газів з пульпери e опускатимуться нижче рівня рідини в пульпері a. Пульпер a буде оснащений вакуумним насосом і матиме найнижчий тиск у системі. Температура і тиск у верхньому просторі пульпера a будуть вимірюватися для розрахунку парціального тиску пари і інших газів. Метою є контроль загального тиску в пульпері a, щоб запобігти закипанню субстрату, підтримуючи на низькому рівні концентрації неконденсовних газів. У пульпері a є трубопровід від верхнього простору випарного резервуара b до рівня нижче рівня рідини. Це необхідно для передачі пари закипання для попереднього нагрівання субстрату в пульпер a. Під час нормальної роботи і з температурою подачі пульпера приблизно 50 °C, як пульпер a, так і резервуар b підтримуються при тиску нижче тиску навколишнього середовища. Попередньо нагрітий субстрат буде перенесений з пульпера a в пульпер e. Для матеріалів з низькою в'язкістю можуть використовуватися насоси. Однак ризик кавітації є значним, а висота насосів є критичною. Проблема стає значною для субстратів з високою в'язкістю. Винахід включає блок теплопередачі і перемішування, який замінить насоси. Однак можна використовувати будь-які засоби для перенесення субстрату з пульпера a в пульпер e без будь-якого негативного впливу на загальний процес.

Блок теплопередачі і перемішування буде являти собою посудину, яка одержує гарячий субстрат від пульпера a. Оскільки холодний субстрат має більш високу питому густину, ніж теплий, найтепліший субстрат буде знаходитись у верхній частині пульпера. З цієї причини вихідний отвір з пульпера a в блок теплопередачі і перемішування знаходиться на верхньому рівні в пульпері трохи нижче максимального рівня рідини. Теплий субстрат буде надходити до блока теплопередачі і перемішування. Після заповнення блока перемішування посудину можна закрити і додати зверху пару для підняття тиску. Зтиснений теплий субстрат може бути перенесений у вибраний реактор. Теплий субстрат також може бути повернений назад до пульпера a для перемішування пульпера.

Блок теплопередачі і перемішування може мати другий впускний отвір з нижнього рівня пульпера, щоб забезпечити наповнення, навіть якщо пульпер не заповнений, і для того, щоб забезпечити перемішування на нижчому рівні, не заповнивши пристрій для теплопередачі і перемішування до максимального рівня.

Блок теплопередачі і перемішування має відомий об'єм, який буде використовуватися для регулювання потоку при заповненні реакторів шляхом дозування в реактор.

Пульпер e

Всі трубопроводи для вентиляції несконденсовних газів з реакторів будуть опускатись нижче рівня рідини в пульпері. Пульпер e одержує субстрат з пульпера a і пару закипання з випарного резервуару j. Субстрат, попередньо нагрітий в пульпері e, подається в реактори. Температура і тиск у верхньому просторі над рідиною пульпера e буде вимірюватися для розрахунку парціального тиску пари і інших газів. Встановлена магістраль для вентиляції газів із верхнього простору пульпера e до рівня рідини в пульпері a. Мета полягає в контролі загального тиску в пульпері e, щоб запобігти закипанню, зберігаючи при цьому концентрацію інших газів на низькому рівні. Температура і тиск у пульпері e залежатимуть від температури подачі до пульпера a і вибраної температури реактора. Однак під час нормальної роботи температура буде значно вище 100 °C, а загальний тиск буде вище навколишнього.

У періодичному процесі загальний тиск у реакторах може бути зменшений до меншого тиску навколишнього середовища перед тим, як одержувати субстрат з пульпера e. Це робиться з допомогою вентиляційних ліній від верхнього простору реакторів до рівня рідини в трубопроводі a. Одержана різниця тиску між робочим колектором e і реакторами може бути використана для перенесення рідкого субстрату в реактори без використання насосів. За потреби, і, якщо час циклу реактора дозволяє, простір над поверхнею пульпера e може бути під тиском пари, щоб збільшити різницю тисків між пульпером e і реактором, який приймає рідкий субстрат, для полегшення наповнення реактора. При бажанні насоси можна використовувати для наповнення реактора без негативного впливу на решту процесу. Замість звичайних насосів також може використовуватися барометричне яйце для циркуляції пульпера і живлення реактора, наприклад з одним барометричним яйцем, розміщеним в кожному пульпаторі. У такому випадку клапани контролюватимуть, чи барометричне яйце живить реактори чи субстрат рециркулює назад до пульпера для перемішування. Під час наповнення барометричного яйця, простір барометричного яйця може бути підключений до вакуумної системи, щоб прискорити швидкість наповнення. Простір у барометричному яйці буде знаходиться під тиском пари для скидання його вмісту в реактори або для циркуляції назад до пульпера для перемішування. Послідовність заповнення барометричного яйця, перемішування пульпера і подача реактора(-ів) буде послідовним ступеневим процесом.

Під час запуску або в інших нестандартних ситуаціях може знадобитися або попередньо нагріти рідкий субстрат в пульпері e, або створити тиск у верхньому просторі посудини, щоб перенести субстрат в реактори. З цієї причини може бути корисно підготувати пульпер для нагнітання пари під рівнем рідини і вище.

Реактори f, g, h, i

Реактори оснащені паровими трубками для нагнітання свіжої пари у рідкий субстрат. Крім того, вони оснащені клапаном і трубопроводом для вентиляції газу з верхнього простору до пульпера a. Цю саму лінію можна використовувати для розміщення реакторів під тиском навколишнього середовища до заповнення реактора.

Загальна продуктивність

Фактичне споживання пари, температури і тиск залежать від кількох факторів. Деякі з них – це температура і склад сировини, вибрана температура і тиск реактора, рівень рідини над трубками пари пульпера, втрати тиску в трубопроводах, втрати тепла у навколишнє середовище і динамічні ефекти. Однак загальну продуктивність можна розрахувати з достатньою точністю.

У таблиці нижче типові температури і тиск в посудині наведені як приблизні значення. За основу розрахунку передбачається вміст сухих твердих речовин у сировині 16,5 %, температура подачі 5, 15 та 40 °C і температура реактора 140, 165 і 220 °C.

Типові втрати тиску в трубопроводах, вплив неконденсовних газів і гідравлічний тиск в місцях нагнітання пари включаються в розрахунки. При меншій втраті температури і тиску у пульпері 1 і 2 будуть дещо вищими, тоді як температури і тиск у випарних резервуарах 1 і 2 будуть нижчими. При більший втраті температури і тиску у пульпері 1 і 2 будуть дещо нижчими, тоді як температури і тиск у випарних резервуарах 1 і 2 будуть дещо вищими. Крім того, пара може виводитися з пульпера 2 до пульпера 1 для нагрівання пульпера 1 до більш високих температур, якщо це бажано. Це вплине на температуру і тиск в інших посудинах. Наведені нижче цифри є прикладами реалістичних середніх температур і тисків, коли установка перебуває в стаціонарному режимі роботи. Зверніть увагу, що вказаний тиск включає наявність неконденсовних газів і що температури округлюються до найближчого цілого числа, тоді як тиски округляються до одної десятої частини числа.

Посудина	Температура подачі [°C]	Температура гідролізу [°C]	Температура посудини [°C]	Тиск посудини [барА]
Пульпер a (1)	5	140	40	0,2
Пульпер e (2)			90	0,7
Реактори f, g, h, i			140	3,7
Випарний резервуар j (1)			100	1,0
Випарний резервуар b (2)			72	0,4
Пульпер a (1)	15	140	49	0,2
Пульпер e (2)			94	0,8
Реактори f, g, h, i			140	3,7
Випарний резервуар j (1)			103	1,1
Випарний резервуар b (2)			75	0,4
Пульпер a (1)	40	140	69	0,4
Пульпер e (2)			103	1,1
Реактори f, g, h, i			140	3,7
Випарний резервуар j (1)			111	1,5
Випарний резервуар b (2)			86	0,6
Пульпер a (1)	5	165	57	0,3
Пульпер e (2)			113	1,6
Реактори f, g, h, i			165	7,0
Випарний резервуар j (1)			119	1,9
Випарний резервуар b (2)			78	0,5
Пульпер a (1)	15	165	64	0,3
Пульпер e (2)			116	1,8
Реактори f, g, h, i			165	7,0
Випарний резервуар j (1)			122	2,1
Випарний резервуар b (2)			83	0,5

Продовження таблиці

Посудина	Температура подачі [°C]	Температура гідролізу [°C]	Температура посудини [°C]	Тиск посудини [барА]
Пульпер a (1)	40	165	82	0,6
Пульпер e (2)			125	2,3
Реактори f, g, h, i			165	7,0
Випарний резервуар j (1)			129	2,6
Випарний резервуар b (2)			94	0,8
Пульпер a (1)	5	180	66	0,4
Пульпер e (2)			127	2,5
Реактори f, g, h, i			180	10
Випарний резервуар j (1)			131	2,8
Випарний резервуар b (2)			84	0,6
Пульпер a (1)	15	180	74	0,5
Пульпер e (2)			131	2,8
Реактори f, g, h, i			180	10
Випарний резервуар j (1)			134	3
Випарний резервуар b (2)			88	0,7
Пульпер a (1)	40	180	89	0,8
Пульпер e (2)			137	3,3
Реактори f, g, h, i			180	10
Випарний резервуар j (1)			140	3,6
Випарний резервуар b (2)			100	1
Пульпер a (1)	5	220	95	1
Пульпер e (2)			167	7,3
Реактори f, g, h, i			220	23,2
Випарний резервуар j (1)			168	7,6
Випарний резервуар b (2)			103	1,1
Пульпер a (1)	15	220	100	1,1
Пульпер e (2)			168	7,6
Реактори f, g, h, i			220	23,2
Випарний резервуар j (1)			170	7,9
Випарний резервуар b (2)			108	1,3

Продовження таблиці

Посудина	Температура подачі [°C]	Температура гідролізу [°C]	Температура посудини [°C]	Тиск посудини [барА]
Пульпер a (1)	40	220	115	1,8
Пульпер e (2)			174	8,7
Реактори f, g, h, i			220	23,2
Випарний резервуар j (1)			9	176
Випарний резервуар b (2)			119	2,0

За найбільш типових умов, таких як температура подачі 15 °C і температура реактора 165 °C, загальне споживання пари становитиме приблизно 640 або 100, виражене у кг/т.сух.реч. або кг/м^3 відповідно. Це нижче, ніж будь-які інші існуючі процеси теплового гідролізу з вибухом пари, які використовують для подачі тепла нагнітання робочої пари. Низьке споживання пари стає можливим завдяки використанню пари закипання нижче тиску навколишнього середовища для попереднього нагрівання. Крім того, використання різниці тиску або барометричного яйця замість насосів для наповнення реактора сприяє скороченню часу наповнення. Крім того, попереднє нагрівання до більш високих температур зменшує час нагнітання пари в реактори. Ці два фактори сприяють збільшенню потужності на об'єм реактора порівняно з існуючими THP.

Приклад 3

У більшості юрисдикцій по всьому світу установку або систему, яка використовує посудини під тиском, необхідно регулярно перевіряти, наприклад щорічно, як частина сертифікації промислових об'єктів (наприклад, установки або системи згідно з цим винаходом), які використовують посудини під тиском. Національні або регіональні нормативні акти можуть регулювати конкретну необхідну періодичність перевірок. Як наслідок часу, необхідного для таких інспекцій, установка згідно з цим винаходом, як описано в прикладах 1 і 2, зазнає певних періодів простою, що призводять до зниження здатності переробляти рідкі субстрати. В таких ситуаціях стабільна робота установки або системи згідно будь-якого з наведених прикладів 1 або 2 може бути досягнута шляхом a) реалізації додаткових елементів/функцій, що забезпечують безпечну ізоляцію одного або кожного з декількох пульперів і/або блоків випарних резервуарів, тим самим забезпечуючи зменшений режим роботи, який дозволяє проводити індивідуальний контроль кожного пульпера і/або блока випарного резервуара в безпечних умовах, і b) запровадження додаткових обхідних маршрутів, наприклад за допомоги трубопроводів, які дозволяють вивести з роботи кожен окремий пульпер і/або блок випарного резервуара. Можлива реалізація таких додаткових елементів/особливостей і супутніх об'їзних маршрутів, наприклад за допомоги трубопроводів, які дозволяють продовжувати роботу установки відповідно до описаних вище одного або обох прикладів 1 або 2, у разі відмов або запланованих зупинок одного або кількох пульперів і/або випарних резервуарів може включати:

- Трубопровід, який дозволяє переносити зазначений рідкий субстрат із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 % і температурою приблизно нижче 50 °C безпосередньо до будь-якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)), зазначений трубопровід забезпечений одним або кількома запірними клапанами, який/які дозволяють вибрати, до якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)) слід спрямувати зазначений рідкий субстрат, який має вміст сухих твердих речовин від 2 до 30 % і температуру нижче близько 50 °C.
- З'єднання трубопроводами, яке забезпечує можливість перенесення зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) та P2 (e)) до будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i)).
- З'єднання трубопроводами, яке забезпечує вентиляцію від будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених принаймні двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)).
- З'єднання трубопроводами, що забезпечує можливість перенесення зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених одного або декількох зливних резервуарів.
- З'єднання трубопроводами, яке забезпечує обхід зазначеної вакуумної системи (V (c)).

Коли установка або система за цим винаходом експлуатуються в такому скороченому режимі роботи, продуктивність установки може бути (для системи або установки з 2-ма пульперами) такою самою, як і у звичайної системи випарних резервуарів системою, – один пульпер-один випарний резервуар.

Іншим варіантом із таким зменшеним режимом роботи є те, що будь-який окремий реактор може бути виключений з експлуатації, що дозволить зберегти установку працездатною зі зменшеною потужністю. Незважаючи на це, принципи роботи залишаються подібними тим, що описані в Прикладах 1 і 2.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб термічного гідролізу рідкого субстрату із вмістом твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C в одному або декількох реакторах (R (f-i)), при цьому зазначений спосіб характеризується тим, що:
використовують однакову кількість випарних резервуарів і пульперів;
принаймні послідовно перший і другий пульпери (P1 (a) і P2 (e)) і принаймні перший і другий випарні резервуари (F1 (j) і F2 (b)) послідовно використовують для поетапного попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно;
і тим, що:
a) зазначений рідкий субстрат переносять, попередньо нагрівають і змішують в зазначеному першому пульпері (P1 (a)), який працює при температурі від 40 до 90 °C і тиску від 0,2 до 0,9 барА, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного другого випарного резервуара (F2 (b)), який працює при тиску, вищому, ніж зазначений перший пульпер (P1 (a));
b) зазначений тиск від 0,2 до 0,9 барА, при якому працює зазначений перший пульпер (P1 (a)), підтримують вакуумною системою (V (c)), яка працює для максимізації конденсації будь-яких конденсованих парів, які не конденсувалися при проходженні крізь зазначений рідкий субстрат в зазначеному першому пульпері;
c) зазначений попередньо нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного першого пульпера (P1 (a)) у зазначений другий пульпер (P2 (e)), який працює при температурі від 90 до 135 °C і тиску від 0,7 до 3,3 барА, і в якому зазначений рідкий субстрат піддають подальшому перемішуванню і попередньому нагріванню, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного першого випарного резервуара (F1 (j)), який працює при тиску, вищому, ніж зазначений другий пульпер (P2 (e));
d) зазначений попередньо додатково нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного другого пульпера (P2 (e)) в зазначений один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, в яких зазначений рідкий субстрат нагрівають до температур в діапазоні від 140 до 220 °C, при тиску від 3,6 до 10 барА;
e) зазначений рідкий субстрат переносять із зазначеного одного або декількох реакторів (R (fi)), які працюють послідовно або паралельно першому зазначеному випарному резервуару (F1 (j)), який працює при температурі від 100 до 140 °C і тиску від 1 до 3,6 барА, і звідки пару закипання, яка виникає, передають до зазначеного другого пульпера (P2 (e)), який працює при температурі від 90 до 135 °C і тиску від 0,7 до 3,3 барА;
f) зазначений рідкий матеріал переносять із зазначеного першого випарного резервуара (F1 (j)) у зазначений другий випарний резервуар (F2 (b)), який працює при температурі від 70 до 100 °C і тиску від 0,35 до 1 барА, завдяки чому відбувається зниження тиску, і звідки пару закипання, яка виникає внаслідок зазначеного подальшого зниження тиску у зазначеному другому випарному резервуарі (F2 (b)), передають до зазначеного першого пульпера (P1 (a)), який працює при температурі від 40 до 90 °C і тиску від 0,2 до 0,9 барА за допомогою зазначеної вакуумної системи для виробництва рідкого субстрату, корисного для анаеробного бродіння, перетравлення або процесу, спрямованого на виробництво або вилучення метану.

2. Спосіб за п. 1, який додатково включає використання пароохолоджувача (VC (d)), який з'єднаний між першим пульпером (P1 (a)) і вакуумною системою (V (c)), і зазначений пароохолоджувач працює для конденсації і видалення будь-якої пари, з можливістю її конденсування нижче температури, при якій працює перший пульпер (P1 (a)).

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що включає етапи, спрямовані на стиснення залишкових неконденсованих парів із вільного простору зазначеного першого пульпера (P1 (a)), які не конденсуються ні в зазначеному першому пульпері (P1 (a)), ні в згаданому взаємопов'язаному пароохолоджувачі (VC (d)), та етапи, спрямовані на впорскування згаданих

стиснених неконденсованих парів у анаеробний реактор або будь-який інший засіб для обробки газу.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що переміщення зазначеного рідкого субстрату між пульперами, реакторами, випарними резервуарами досягають принаймні частково шляхом барометричного перекачування.

5. Спосіб за п. 1, який додатково включає переміщення зазначеного рідкого матеріалу із зазначеного другого випарного резервуара (F2 (b)) до необов'язкового третього випарного резервуара, за допомогою якого відбувається подальше зниження тиску, і звідки миттєву пару, яка виникла, переносять до зазначеного додаткового третього пульпера.

6. Спосіб за п. 1, у якому рідкий матеріал із зазначеного другого випарного резервуара (F2 (b)) переміщують у необов'язковий додатковий випарний резервуар, за допомогою якого відбувається подальше зниження тиску, і де миттєву пару, яка виникає, передають до зазначеного необов'язкового додаткового третього пульпера.

7. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що пароохолоджувач (VC (d)), який з'єднаний між згаданим першим пульпером (P1 (a)) і згаданою вакуумною системою (V (c)), працює для конденсації та видалення будь-яких парів, які можуть конденсуватися за температури, що нижче температури, за якої працює згаданий перший пульпер (P1 (a)).

8. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що включає етапи, спрямовані на стиснення решти неконденсованих парів із вільного простору зазначеного першого пульпера (P1 (a)), які не конденсуються ні в зазначеному першому пульпері (P1 (a)), ні у зазначеному взаємопов'язаному пароохолоджувачі (VC (d)), і етапи, спрямовані на введення зазначеної стисненої неконденсованої пари в анаеробний реактор або будь-який інший засіб для обробки газу.

9. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що переміщення зазначеного рідкого субстрату між пульперами, реакторами, випарними резервуарами досягають принаймні частково шляхом барометричного перекачування.

10. Спосіб за п. 3, який додатково включає переміщення зазначеного рідкого матеріалу із зазначеного другого випарного резервуара (F2 (b)) у необов'язковий додатковий випарний резервуар, за допомогою якого відбувається подальше зниження тиску, і з якого миттєву пару, яка виникає в результаті відновлення, передають до зазначеного необов'язкового додаткового третього пульпера.

11. Спосіб термічного гідролізу рідкого субстрату із вмістом твердих речовин від 2 до 30 % в одному або декількох реакторах (R (f-i)), при цьому зазначений спосіб характеризується тим, що:

використовують однакову кількість випарних резервуарів і пульперів;

принаймні послідовно перший і другий пульпери (P1 (a) і P2 (e)) і принаймні перший і другий випарні резервуари (F1 (j) і F2 (b)) послідовно використовують для поетапного попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно,

і в якому:

a) зазначений рідкий субстрат переносять, попередньо нагрівають і змішують в зазначеному першому пульпері (P1 (a)), який працює при температурі від 90 до 115 °C і тиску від 1 до 1,8 барА, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного другого випарного резервуара (F2 (b)), який працює при тиску, вищому, ніж зазначений перший пульпер (P1 (a));

b) зазначений попередньо нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного першого пульпера (P1 (a)) до зазначеного другого пульпера (P2 (e)), який працює при температурі від 137 до 174 °C і тиску від 3,3 до 8,7 барА; і в якому зазначений рідкий субстрат піддають подальшому перемішуванню і попередньому нагріванню, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного першого випарного резервуара (F1 (j)), який працює при тиску, вищому, ніж зазначений другий пульпер (P2 (e));

c) зазначений попередньо додатково нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного другого пульпера (P2 (e)) в зазначений один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, в яких зазначений рідкий субстрат нагрівають до температур в діапазоні від 180 до 220 °C, при тиску від 7 до 23,2 барА;

d) зазначений рідкий субстрат переносять із зазначеного одного або декількох реакторів (R (fi)), які працюють послідовно або паралельно першому зазначеному випарному резервуару (F1 (j)), який працює при температурі від 140 до 176 °C і тиску від 3,6 до 9 барА, і звідки пару закипання, яка виникає, передають до зазначеного другого пульпера (P2 (e)), який працює при температурі від 137 до 174 °C і тиску від 3,3 до 8,7 барА;

e) зазначений рідкий матеріал переносять із зазначеного першого випарного резервуара (F1 (j)) у зазначений другий випарний резервуар (F2 (b)), який працює при температурі від 100 до 119 °C і тиску від 1 до 2 барА, завдяки чому відбувається зниження тиску, і звідки пару закипання,

яка виникає внаслідок зазначеного подальшого зниження тиску у зазначеному другому випарному резервуарі (F2 (b)), передають до зазначеного першого пульпера (P1 (a)), який працює при температурі від 90 до 115 °C і тиску від 1 до 1,8 барА, для виробництва рідкого субстрату, корисного для анаеробного бродіння, перетравлення або процесу, спрямованого на виробництво або вилучення метану.

12. Спосіб за п. 11, який додатково включає переміщення зазначеного рідкого матеріалу із зазначеного другого випарного резервуара (F2 (b)) до необов'язкового третього випарного резервуара, за допомогою чого відбувається подальше зниження тиску, і звідки миттєву пару, яка виникає, переносять до зазначеного додаткового третього пульпера.

13. Спосіб термічного гідролізу рідкого субстрату із вмістом твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C в одному або декількох реакторах (R (f-i)), при цьому зазначений спосіб характеризується тим, що:

кількість використаних випарних резервуарів на один менше від кількості використовуваних пульперів;

принаймні перший і другий пульпери (P1 (a) і P2 (e)) послідовні, і принаймні один резервуар (F) використовують для поетапного попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно;

і в якому:

a) зазначений рідкий субстрат переносять, попередньо нагрівають і змішують в зазначеному першому пульпері (P1 (a)), який працює при температурі від 40 до 90 °C і тиску від 0,2 до 0,9 барА, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного випарного резервуара (F), який працює при тиску, вищому, ніж зазначений перший пульпер (P1 (a));

b) зазначений тиск від 0,2 до 0,9 барА, при якому працює зазначений перший пульпер (P1 (a)), підтримують вакуумною системою (V (c)), яка працює для максимізації конденсації будь-яких конденсованих парів, які не конденсувалися при проходженні крізь зазначений рідкий субстрат в зазначеному першому пульпері;

c) зазначений попередньо нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного першого пульпера (P1 (a)) у зазначений другий пульпер (P2 (e)), який працює при температурі від 90 до 135 °C і тиску від 0,7 до 3,3 барА, і в якому зазначений рідкий субстрат піддають подальшому перемішуванню і попередньому нагріванню, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини з зазначеного одного або декількох нижніх реакторів (R (f-i)), які працюють при тиску, вищому, ніж зазначений другий пульпер (P2 (e));

d) зазначений попередньо додатково нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного другого пульпера (P2 (e)) в один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, в яких зазначений рідкий субстрат нагрівають до температур в діапазоні від 140 до 220 °C і тиску від 3,6 до 10 барА;

e) зазначені один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, скидають тиск шляхом передачі пари з верхнього простору над рівнем рідини реактора до зазначеного другого пульпера (P2 (e)) до тиску зазначеного одного або декількох реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, і зазначений другий пульпер (P2 (e)) знаходиться у рівновазі, після чого зазначений рідкий субстрат переносять із зазначеного одного або декількох реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, у зазначений випарний резервуар (F) для виробництва рідкого субстрату, корисного для анаеробного бродіння, перетравлення або процесу, спрямованого на виробництво або вилучення метану.

14. Спосіб термічного гідролізу рідкого субстрату із вмістом твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C, в одному або декількох реакторах (R (f-i)), зазначений спосіб характеризується тим, що:

кількість використаних випарних резервуарів на один менше від кількості використовуваних пульперів;

принаймні перший і другий пульпери (P1 (a) і P2 (e)) послідовні, і принаймні один резервуар (F) використовують для поетапного попереднього нагрівання і зниження тиску, відповідно;

і в якому:

a) зазначений рідкий субстрат переносять, попередньо нагрівають і змішують в зазначеному першому пульпері (P1 (a)), який працює при температурі від 90 до 115 °C і тиску від 1 до 1,8 барА, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного випарного резервуара (F), який працює при тиску, вищому, ніж зазначений перший пульпер (P1 (a));

b) зазначений попередньо нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного першого пульпера (P1 (a)) у зазначений другий пульпер (P2 (e)), який працює при температурі від 137 до 174 °C і тиску від 3,3 до 8,7 барА, і в якому зазначений рідкий субстрат піддають подальшому перемішуванню і попередньому нагріванню, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня

рідини з зазначеного одного або декількох нижніх реакторів (R (f-i)), які працюють при тиску, вищому, ніж зазначений другий пульпер (P2 (e));

c) зазначений попередньо додатково нагрітий рідкий субстрат переносять із зазначеного другого пульпера (P2 (e)) в один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, в яких зазначений рідкий субстрат нагрівають до температур в діапазоні від 180 до 220 °C і тиску від 7 до 23,2 барА;

d) зазначені один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, скидають тиск шляхом передачі пари з верхнього простору над рівнем рідини реактора до зазначеного другого пульпера (P2 (e)) до тиску зазначеного одного або декількох реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, і зазначений другий пульпер (P2 (e)) знаходиться у рівновазі, після чого зазначений рідкий субстрат переносять із зазначеного одного або декількох реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, у зазначений випарний резервуар (F) для виробництва рідкого субстрату, корисного для анаеробного бродіння, перетравлення або процесу, спрямованого на виробництво або вилучення метану.

15. Установка для термічного гідролізу рідкого субстрату за способом за будь-яким із пп. 1-14, при цьому зазначена установка містить:

- однакову кількість випарних резервуарів і пульперів,
- принаймні перший і другий пульпери (P1 (a) і P2 (e)), які послідовно сполучені між собою прямо або опосередковано,
- вакуумну систему (V (c)), сполучену трубопроводами з зазначеним першим пульпером (P1 (a)),
- один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно і сполучені між собою трубопроводами до зазначеного другого пульпера (P2 (e)), який не сполучений із зазначеною вакуумною системою (V (c)),
- принаймні перший і другий випарні резервуари (F1 (j) і F2 (b)), які:

сполучені прямо або опосередковано послідовно,

з яких один (F1 (j)) з'єднаний трубопроводами із зазначеним одним або кількома реакторами (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно,

з яких (F2 (b)) індивідуально сполучений між собою трубопроводами з (P1 (a)) і (F1 (j)) індивідуально сполучений між собою трубопроводами з (P2 (e)), і

кожен з яких індивідуально здатний працювати при тиску, вищому, ніж інший, який має принаймні два пульпери (P1 (a) і P2 (e)), з якими він індивідуально з'єднаний трубопроводами

і в якому:

a) зазначений перший пульпер (P1 (a)) розроблено та налаштовано для роботи при температурі від 40 до 115 °C і тиску від 0,2 до 1,8 барА, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного другого випарного резервуара (F2 (b)), з якими вона індивідуально взаємозв'язана;

b) зазначена вакуумна система розроблена та налаштована для підтримування тиску від 0,2 до 0,9 барА, коли зазначений перший пульпер (P1 (a)) має працювати при тиску, нижче тиску навколишнього середовища, і здатний працювати, щоб максимізувати конденсацію будь-яких конденсованих парів, які не конденсуються при проходженні через рідкий субстрат у зазначеному першому пульпері (P1 (a));

c) зазначений другий пульпер (P2 (e)) розроблено та налаштовано для роботи при температурі від 90 до 174 °C і тиску від 0,7 до 8,7 барА, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного першого випарного резервуара (F1 (j)), з яким він індивідуально взаємозв'язаний;

d) зазначені один або кілька реакторів (R (f-i)) розроблені та налаштовані для роботи паралельно або послідовно при температурах в діапазоні від 140 до 220 °C і тиску від 3,6 до 23,2 барА;

e) засоби для перенесення зазначеного рідкого субстрату із зазначеного одного або декількох випарних реакторів (R (f-i)), які працюють послідовно або паралельно першому випарному резервуару (F1 (j)), який працює при температурі від 100 до 176 °C і тиску від 1 до 9 барА, і засоби для перенесення пари закипання, яка виникає в результаті зазначеного зниження тиску у першому випарному резервуарі (F1 (j)) до зазначеного другого пульпера (P2 (e)), який працює при температурі від 90 до 174 °C і тиску від 0,7 до 8,7 барА;

f) засоби для перенесення зазначеного рідкого матеріалу із зазначеного першого випарного резервуара (F1 (j)) у зазначений другий випарний резервуар (F2 (b)), який працює при температурі від 70 до 119 °C і тиску від 0,35 до 2 барА, і засоби для перенесення пари закипання, яка виникає у зазначеному другому випарному резервуарі (F2 (b)) до зазначеного першого пульпера (P1 (a)), який працює при температурі від 40 до 115 °C і тиску від 0,2 до

1,8 барА, якщо нижче тиску навколишнього середовища - за допомогою зазначеної вакуумної системи.

16. Установка за п. 15, яка додатково містить пароохолоджувач (VC (d)), з'єднаний між згаданим першим пульпером (P1 (a)) і згаданою вакуумною системою (V (c)), який налаштований для роботи при температурі, нижчій за робочу температуру згаданого першого пульвера (P1 (a)), що забезпечує видалення конденсованих парів, які не конденсуються в згаданому першому пульпері (P1 (a)).

17. Установка за п. 15 або 16, яка **відрізняється** тим, що додатково містить засоби для стиснення залишкових неконденсованих парів із вільного простору першого пульпера (P1 (a)), які не конденсуються ні в першому пульпері (P1 (a)), ні у згаданому взаємопов'язаному пароохолоджувачі (VC (d)), та засоби для впорскування згаданих стиснутих неконденсованих парів у анаеробний котел чи будь-який інший засіб для обробки газу.

18. Установка за будь-яким із пп. 15-17, яка додатково містить резервуари для використання, принаймні для часткового переміщення згаданих рідких субстратів за допомогою барометричного перекачування.

19. Установка за будь-яким із пп. 15-18, яка додатково містить:

- трубопроводи, що дозволяють передавати згаданий рідкий субстрат із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C безпосередньо до будь-якого із зазначених принаймні двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)), зазначений трубопровід оснащений одним або декількома запірними клапанами, налаштованими для вибору, до якого із зазначених принаймні двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)) зазначений рідкий субстрат із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C необхідно перенести;
- з'єднання трубопроводами, що налаштовані для передачі зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених принаймні двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)) до будь-якого із зазначених одного або більше реакторів (R (f-i));
- з'єднання трубопроводами, що налаштовані для вентиляції від будь-якого із зазначених одного або кількох реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених принаймні двох пульперів (P1 (a) та P2 (e));
- з'єднання трубопроводами, що налаштовані для передачі зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених одного або більше реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених одного або більше резервуарів для швидкого випаровування;
- з'єднання трубопроводами, що налаштовані для обходу зазначеної вакуумної системи (V (c)).

20. Установка для термічного гідролізу рідкого субстрату за способом за будь-яким із пп. 1-14, при цьому зазначена установка містить:

- на один пульпер більше, ніж кількість випарних резервуарів;
- принаймні перший і другий пульпери (P1 (a) і P2 (e)), які послідовно сполучені між собою прямо або опосередковано;
- вакуумну систему (V (c)), з'єднану трубопроводами із зазначеним першим пульпером (P1 (a));
- один або кілька реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно і сполучені між собою трубопроводами із зазначеним другим пульпером (P2 (e)), який не сполучений із зазначеною вакуумною системою (V (c));
- принаймні один випарний резервуар (F), який:

сполучений трубопроводами з одним або кількома реакторами (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно;

сполучений трубопроводами із зазначеним першим пульпером (P1 (a)); і

здатний працювати при тиску, вищому, ніж зазначений перший пульпер (P1 (a)), з яким він індивідуально сполучений трубопроводами;

і в якому:

a) зазначений перший пульпер (P1 (a)) розроблено та налаштовано для роботи при температурі від 40 до 115 °C і тиску від 0,2 до 1,8 барА, шляхом нагнітання пари закипання нижче рівня рідини із зазначеного резервуара (F), з яким він з'єднаний;

b) зазначена вакуумна система розроблена та налаштована для підтримування тиску від 0,2 до 0,9 барА, коли зазначений перший пульпер (P1 (a)) працює при тиску, нижчому за тиск навколишнього середовища, щоб максимізувати конденсацію будь-яких конденсованих парів, які не конденсуються при проходженні через рідкий субстрат у зазначеному першому пульпері (P1 (a));

c) зазначений другий пульпер (P2 (e)) розроблено та налаштовано для роботи при температурі від 90 до 174 °C і тиску від 0,7 до 8,7 барА;

d) зазначений один або кілька реакторів (R (f-i)) розроблені та налаштовані для роботи паралельно або послідовно, можуть працювати при температурах в діапазоні від 140 до 220 °C і тиску 3,6 до 23,2 барА;

е) засоби для перенесення зазначеного рідкого субстрату із зазначеного одного або декількох реакторів (R (f-i)), які працюють послідовно або паралельно випарному резервуару (F), де зазначені один або більше реакторів (R (f-i)) розроблені та налаштовані паралельно або послідовно для скидання тиску шляхом передачі пари з верхнього простору реактора до зазначеного другого пульпера (P2 (e)) доти, доки тиск зазначеного одного або декількох реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, і зазначений другий пульпер (P2 (e)) не стануть рівноважними, після чого зазначений рідкий субстрат переноситься із зазначеного одного або декількох реакторів (R (f-i)), які працюють паралельно або послідовно, у зазначений випарний резервуар (F).

21. Установка за п. 20, яка додатково містить охолоджувач пари (VC (d)), який сполучає перший пульпер (P1 (a)) і зазначену вакуумну систему (V (c)), який налаштований для роботи при температурі, нижчій за робочу температуру зазначеного першого пульпера (P1 (a)), тим самим забезпечуючи можливість видалення конденсованих парів, які не конденсувалися в зазначеному першому пульпері (P1 (a)).

22. Установка за п. 20 або 21, яка **відрізняється** тим, що додатково містить засоби для стискання залишків неконденсованих парів з об'єму парової фази зазначеного першого пульпера (P1 (a)), які не конденсувалися в зазначеному першому пульпері (P1 (a)), а також у зазначеному сполученому охолоджувачі пари (VC (d)), і засоби для нагнітання зазначених стиснених неконденсованих парів в анаеробний реактор або будь-які інші засоби переробки газів.

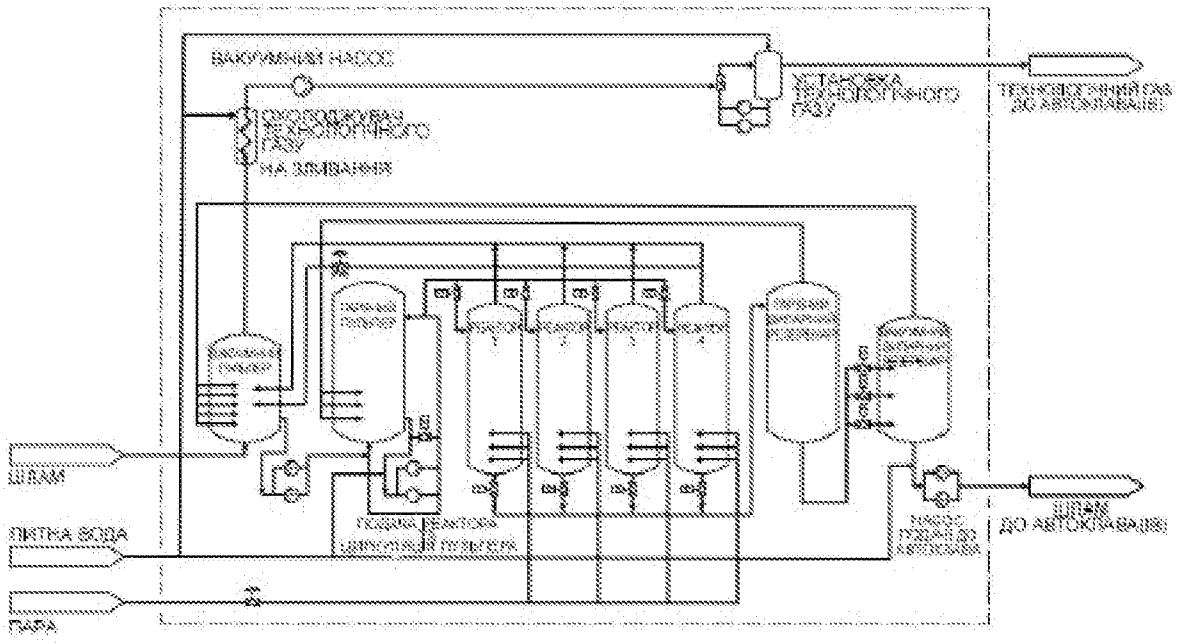
23. Установка за будь-яким із пп. 20-22, яка додатково містить посудини, щонайменше для часткового перенесення зазначених рідких субстратів шляхом барометричного відкачування.

24. Установка за будь-яким з пп. 20-23, яка додатково містить:

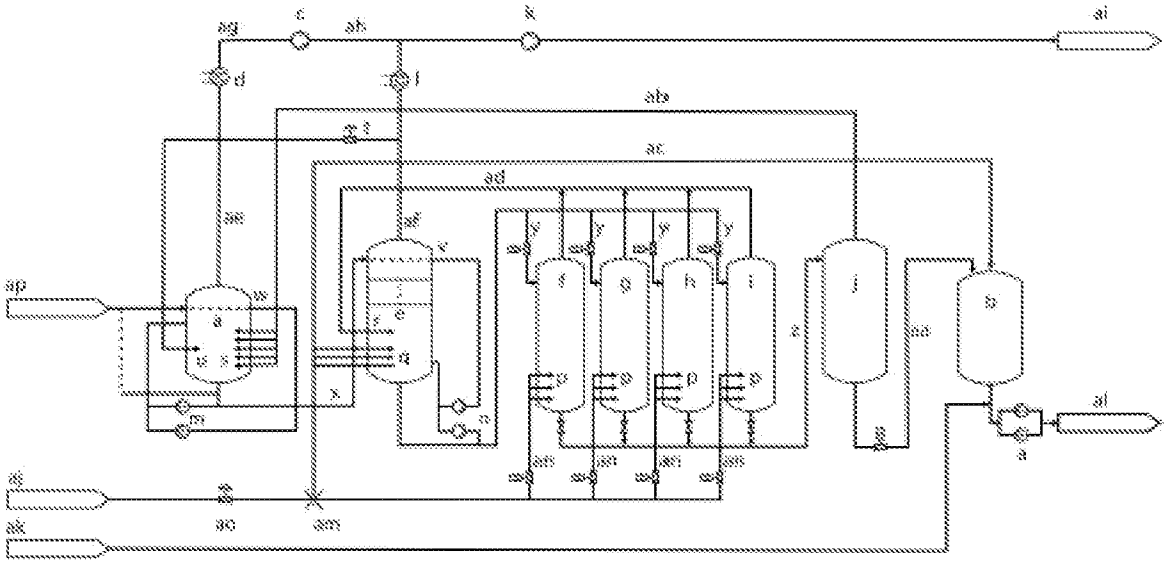
- трубопровід, який дозволяє переносити зазначений рідкий субстрат із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C безпосередньо до будь-якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)), зазначений трубопровід забезпечений одним або кількома запірними клапанами, які дозволяють вибрати, до якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)) слід спрямувати зазначений рідкий субстрат із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C;
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для перенесення зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) та P2 (e)) до будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i));
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для вентиляції від будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених принаймні двох пульперів (P1 (a) і P2 (e));
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для перенесення зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених одного або декількох зливних резервуарів;
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для обходу зазначеної вакуумної системи (V (c)).

25. Спосіб модернізації установки за будь-яким із пп. 20-24, згідно з яким включено також в зазначеній установці:

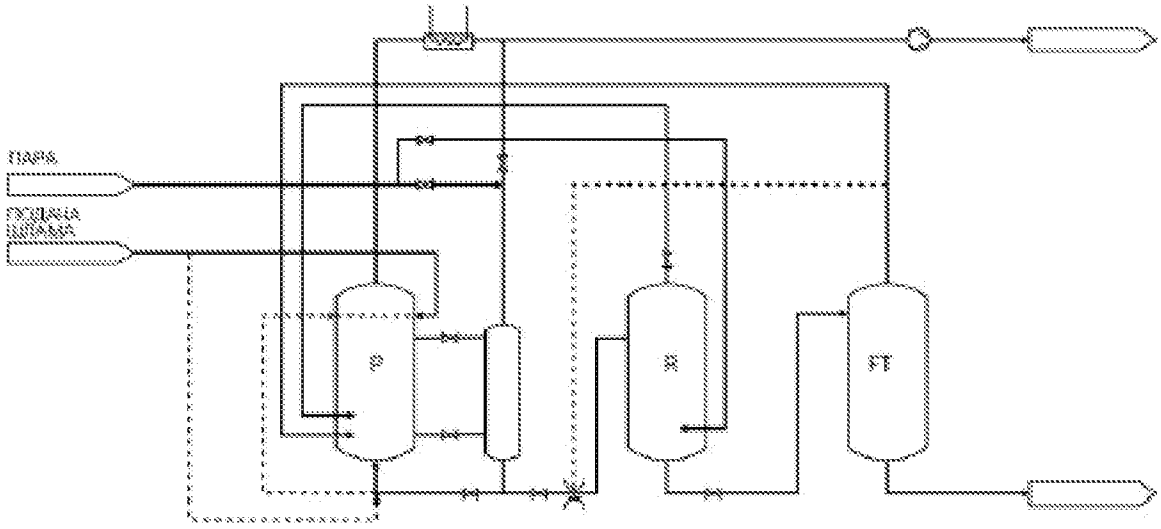
- трубопровід, який дозволяє переносити зазначений рідкий субстрат із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C безпосередньо до будь-якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)), зазначений трубопровід забезпечений одним або кількома запірними клапанами, які дозволяють вибрати, до якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) і P2 (e)) слід спрямувати зазначений рідкий субстрат із вмістом сухих твердих речовин від 2 до 30 % за температури менше 50 °C;
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для перенесення зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених щонайменше двох пульперів (P1 (a) та P2 (e)) до будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i));
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для вентиляції від будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених принаймні двох пульперів (P1 (a) і P2 (e));
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для перенесення зазначеного рідкого субстрату з будь-якого із зазначених одного або декількох реакторів (R (f-i)) до будь-якого із зазначених одного або декількох зливних резервуарів;
- з'єднання трубопроводами, що налаштоване для обходу зазначеної вакуумної системи (V (c)).



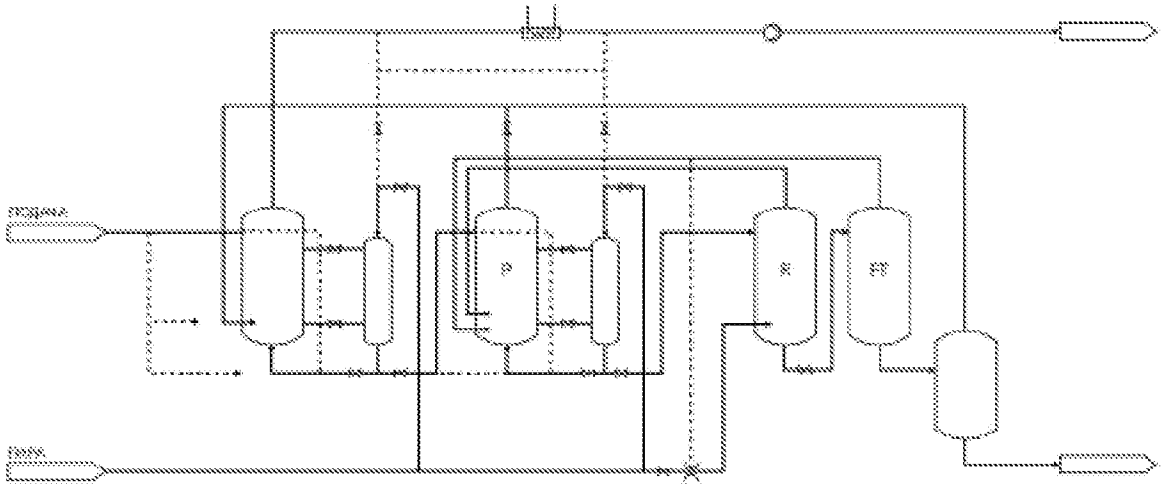
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601