



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **107956** (13) **C2**
(51) МПК**C02F 1/16** (2006.01)**C02F 5/02** (2006.01)**B01D 1/14** (2006.01)**E21B 21/06** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

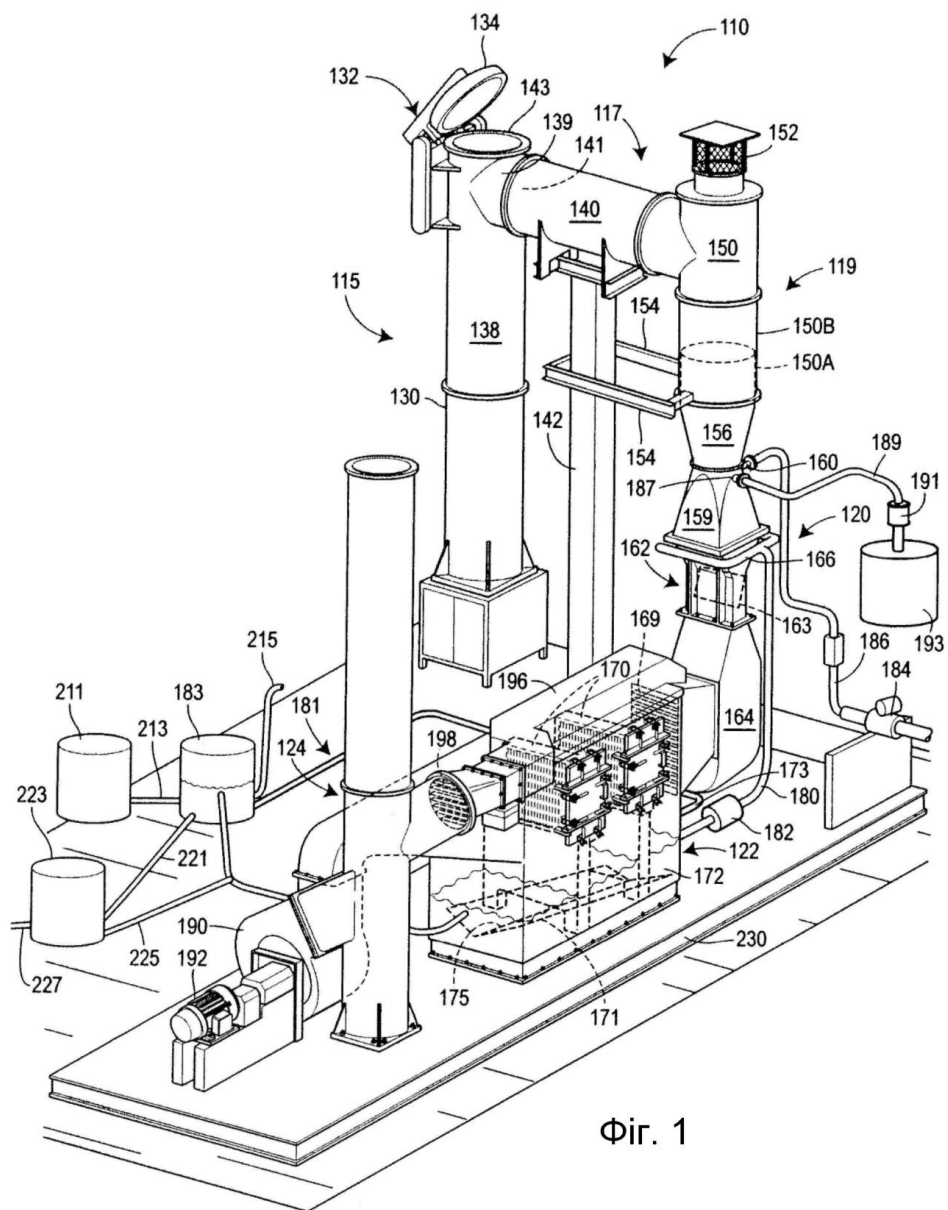
(21) Номер заявки:	а 2012 10607	(72) Винахідник(и):	Дюсєль Бєрнард Ф. мл. (US), Рутш Майкл Дж. (US), Клеркін Крейг (US)
(22) Дата подання заявки:	20.01.2011	(73) Власник(и):	ХАРТЛЕНД ТЕКНОЛОДЖІ ПАРТНЕРС ЛЛК, 9870 Big Bend Blvd., P. O. Box 220842, Kirkwood, MO 63122, United States of America (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.03.2015	(74) Представник:	Новікова Лідія Аркадіївна, реєстр. №36
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	12/705,462, 12/846,337, 12/938,879	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 82554 C2; 25.04.2008 US 2008/0110417 A1, 15.05.2008 US 2009/0294074 A1, 03.12.2009 US 2560226 A, 10.07.1951 US 2006/0000355 A1, 05.01.2006 US 5879563 A, 09.03.1999
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	12.02.2010, 29.07.2010, 03.11.2010		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	US, US, US		
(41) Публікація відомостей про заявку:	26.11.2012, Бюл.№ 22		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.03.2015, Бюл.№ 5		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/US2011/021811, 20.01.2011		

(54) КОМПАКТНИЙ КОНЦЕНТРАТОР СТИЧНИХ ВОД І ГАЗООЧИСНИК**(57) Реферат:**

Заявлена група винаходів стосується способу та системи для концентрування та видалення забруднюючих речовин з води відпрацювання свердловини природного газу. Спосіб включає змішування реактиву з водою відпрацювання свердловини природного газу; реакцію реактиву з хімічними сполуками, розчинними у воді відпрацювання свердловини; об'єднання газу і води відпрацювання свердловини в секції концентрування; подачу суміші газу із захопленої води відпрацювання свердловини в краплєвловлювач, у якому принаймні частина захопленої води відпрацювання свердловини видалється з газу і збирається у відстійнику краплєвловлювача; видалення частини води відпрацювання свердловини у відстійник краплєвловлювача і подачу частини води відпрацювання свердловини у відстійний бак; видалення відділених твердих речовин з бака осаждення і повернення відділеної рідкої фази у відстійник краплєвловлювача. Система концентрування і видалення забруднень із води відпрацювання свердловини природного газу містить отвір введення газу; отвір випуску газу; секцію концентрування між отвором введення газу та отвором випуску газу, що має частину, що звужується; отвір введення рідини, через який вода відпрацювання свердловини подається в секцію концентрування, розташований в секції концентрування до звуженої частини; краплєвловлювач, розташований

UA 107956 C2

за звуженою частиною, що видаляє захоплені крапельки рідини з потоку газу; і бак з реактивом, з'єднаний з секцією концентрування для введення реактиву в секцію концентрування.



Фіг. 1

Галузь техніки

Цей винахід належить, загалом, до концентраторів рідини, конкретніше - до компактних, переносних, економічно ефективних концентраторів стічних вод, які можна легко приєднати і використовувати з джерелами теплового скидання, ще конкретніше - до компактних, переносних, економічно ефективних концентраторів стічних вод, які одночасно концентрують стічні води та видаляють забруднюючі речовини, розчинені у парі стічних вод.

Передумови створення винаходу

Концентрування може бути ефективним видом обробки або попередньої обробки різноманітних потоків стічних вод, і його можна здійснювати у різного типу комерційних системах знешкодження відходів. При досягненні високих концентрацій багато потоків стічних вод можна звести до залишкового матеріалу у вигляді шламоподібної суміші, що містить високі рівні розчинених або завислих твердих речовин. Такий концентрований залишок можна легко перевести у твердий стан за допомогою традиційних методик для утилізації на полігонах для промислових відходів або, якщо існує така можливість, передати на подальшу переробку перед остаточною утилізацією. Концентрування стічних вод може істотно скоротити транспортні витрати і потребу у потужностях для зберігання, і може бути вигідним для подальшої переробки, у процесі якої зі стічної води виділяють потрібні матеріали.

Промислові стічні води мають дуже широкий набір характеристик, тому що вони утворюються у ході великої кількості промислових процесів. Методики роботи зі стічними водами включають: безпосередній злив до установок обробки стоків; попередню обробку з наступним зливом до установок обробки стоків; переробку на місці виробництва або в іншому місці для виділення цінних складових; переробку на місці виробництва або в іншому місці просто для підготовки стічних вод для остаточної утилізації. Якщо джерело стічних вод є неконтрольованим, зазначені вище методики роботи повинні також включати ефективні методики локалізації і запобігання поширення стічних вод, а також, відновлення або повторного використання.

Важливою мірою ефективності процесу концентрування стічних вод є відношення об'єму отриманого залишку до об'єму стічних вод, поданих на процес концентрування. Зокрема, низьке відношення отриманого об'єму до поданого об'єму (високі рівні концентрування) є бажанішим. Якщо стічні води містять розчинені та/або завислі нелеткі речовини, зменшення об'єму, що може досягатися в певному процесі концентрування, заснованому на випарюванні летких речовин, у значній мірі обмежується способом, обраним для передачі тепла робочої рідини.

Загалом у традиційних процесах, у яких концентрування здійснюється за рахунок випарювання води та інших летких речовин, використовуються системи непрямої передачі тепла. Системи непрямої передачі тепла, як правило, включають ємність, у якій міститься робоча рідина, і теплообмінник у вигляді пластинок, цоколя з теплообмінними трубками або спіральним теплообмінником, зануреного в робочу рідину. По теплообміннику циркулює теплообмінне середовище, таке як пара або гаряча олія, для передачі тепла, необхідного для випарювання.

Системи непрямої передачі тепла, засновані на пластинчастих, штикових або спіральних теплообмінниках, як правило, мають недоліки, пов'язані з нагромадженням осаду твердих речовин на поверхнях теплообмінника, які вступають у безпосередній контакт з робочою рідиною. Конструкція таких систем ускладнюється через потребу в окремому процесі для подачі теплової енергії, що йде на нагрівання середовища в парогенераторі або пристроях, використовуваних для нагрівання інших теплообмінних рідин, таких як нагрівачі гарячої олії. Така конструкція веде до залежності від двох систем непрямої передачі тепла для підтримки процесу концентрування.

Потоки, що подаються в процес, які в ході їхньої переробки створюють осади на теплообмінниках, називаються рідинами, що викликають обростання. Якщо потоки, що подаються в процес, містять певні сполуки, такі як карбонати, розчинність яких знижується при зростанні температури (тобто, вони мають ретроградну (інверсну) розчинність), то відкладення, що зазвичай називаються котельним накипом, утворюються навіть при відносно низьких концентраціях через підвищені температури на поверхні теплообмінників. Крім того, якщо в стічних водах, що подаються на концентрування, є сполуки, що мають високу розчинність при підвищених температурах, наприклад, натрію хлорид, такі сполуки також осаджуються з розчину у міру досягнення високих концентрацій (тобто насичення розчину). Шар твердих речовин, що наріс на поверхні теплообмінника, виконує функцію ізолюючого шару, що зменшує швидкість передачі тепла. Крім того, тверді осади можуть викликати корозію певних матеріалів теплообмінника. Такі осади, що вимагають частого очищення поверхні теплообмінника для підтримки ефективності процесу та зниження можливості корозії, можуть бути будь-якою

комбінацією завислих твердих речовин, привнесених у процес концентрування разом зі стічними водами, що подаються, з твердими речовинами, що осідають з робочої рідини. Для боротьби з втратою ефективності та для збільшення проміжку часу між процедурами очищення, проєктувальники випарників з непрямым теплообміном, як правило, збільшують теплообмінні поверхні. Інакше кажучи, створюють теплообмінні поверхні більшого, ніж необхідно, розміру для скорочення кількості процедур очищення. Крім того, для боротьби з можливою корозією, проєктувальники, як правило, вибирають для виготовлення теплообмінників дорогі високолеговані сплави. Вплив утворення твердого осаду на теплообмінниках (для непрямого теплообміну) накладає практичні обмеження на види стічних вод, які можна було б ефективно концентрувати, особливо якщо стічні води містять рідини, що викликають обростання. Тому процеси, засновані на механізмах непрямой передачі тепла загалом непридатні для концентрування широкої різноманітності стічних вод і для досягнення низького відношення об'ємів залишкового матеріалу до вихідного.

Через перераховані вище фактори проєктувальники випарників з непрямым теплообміном повинні при проєктуванні таких систем домагатися балансу між вартістю системи, кількістю циклів очищення, стійкістю до корозії та ефективністю. Для того щоб збільшити проміжок часу між процедурами очищення, для випарників з непрямым теплообміном часто обмежують перепад тиску, що обмежує максимальну концентрацію робочої рідини. Через це максимальну концентрацію часто обмежують менш ніж 20 % при використанні відомих випарників з непрямым теплообміном для зниження швидкості наростання осаду на теплообмінних поверхнях.

Іншим недоліком відомих випарників з непрямым теплообміном є велика кількість тепла, необхідна для випарювання стічних вод. Як правило, на рівні моря, необхідна 1 БТО/фунт/°Ф для нагрівання стічних вод до температури кипіння (загалом цю величину називають тепломісткістю). Потім, ще приблизно 1000 БТО/фунт тепла необхідно для випарювання води (це тепло, загалом, називають схованою теплотою).

У деяких випарниках з непрямым теплообміном зроблено спробу знизити кількість теплової енергії, необхідної для випарювання води. Зокрема, був розроблений багатоступінчастий процес випарювання з непрямым теплообміном, у якому для зниження потреби в тепловій енергії використовується низький вакуум. Хоча така конструкція виявилася якоюсь мірою ефективною в зниженні потреби в тепловій енергії, вона дуже дорога і має описані вище недоліки, зокрема, при її використанні відбувається осадження відкладень та існує обмеження максимальної концентрації випарених стічних вод.

Крім випарювання, існують певні традиційні системи обробки стічних вод, у яких використовується ряд технологічних етапів або «типових дій», які в підсумку приводять до одержання безпечного готового обробленого продукту. Приклади такого типу систем обробки стічних вод включають традиційні системи обробки стоків. Традиційні системи обробки стоків включають такі технологічні процеси як дренавання/відкачування, нагрівання, мікробіологічна обробка (аеробними або анаеробними мікроорганізмами), регулювання pH, осадження, ущільнення осаду стічних вод, сушіння осаду стічних вод та денітрифікація і фільтрування обробленого стоку. Навіть при використанні кількох технологічних етапів, призначених для очищення стоків і одержання безпечного продукту, кінцевим продуктом традиційних систем обробки стоків, як правило, є той чи інший осад. Деякі види такого осаду можуть містити важкі метали, що осіли з розчину в процесі обробки. Такі важкі метали можуть бути токсичними, а важкі метали складно вилучати з осаду.

Іншим недоліком традиційних систем обробки стоків є те, що робоча рідина дуже чутлива до змін pH. Крім того, робоча рідина може містити сполуки, що взаємодіють з матеріалами мікробіологічної обробки. Інакше кажучи, робоча рідина може містити сполуки, небезпечні для бактерій, використовуваних у традиційних системах обробки стоків.

Ще одним недоліком традиційних систем обробки стоків є система фільтрування. У системах фільтрування можуть використовуватися різні способи фільтрування для очищення стічних вод. Деякими прикладами способів фільтрування є зворотний осмос, ультрафільтрація та іонний обмін. Кожна з цих систем фільтрування характеризується певним ступенем чутливості до забруднення фільтруючих мембран всередині системи. Такі мембрани потрібно регулярно промивати зворотним потоком або очищати. Більше того, можуть знадобитися вторинні системи для видалення таких забруднень мембран, що приведе до подорожчання та ускладнення системи фільтрування.

Сутність винаходу

Компактний пристрій для концентрування рідин може бути легко приєднаний до джерела скидного тепла, такого як факел природного газу або вихлопна труба двигуна внутрішнього згоряння, для використання такого скидного тепла в процесі концентрування з прямою

передачею тепла та видалення забруднюючих речовин без потреби у великих і дорогих контейнерах з захисними оболонками і без використання великої кількості дорогих термостійких матеріалів. Компактний концентратор рідин включає отвори впуску газу, випуску газу і зону змішування або потоку, розташовану між впуском і випуском газу, причому зона потоку містить звужену частину, що прискорює потік газу в зоні потоку. Отвір для впуску рідини розташовується між отвором для впуску газу та звуженою частиною зони потоку; рідина через цей отвір надходить у потік газу в точці перед звуженою частиною так, щоб газорідинна суміш ретельно перемішувалася в зоні потоку, приводячи до випарювання частини рідини та її концентрування. Краплевлловлювач або газоочисник, розташований за звуженою частиною і з'єднаний з патрубком для випуску газу, дає можливість видалити захоплені потоком краплі рідини з потоку газу і повернути таку вилучену рідину до отвору для введення рідини до контуру рециркуляції. Свіжа рідина, що підлягає концентруванню, також надходить у контур рециркуляції зі швидкістю, достатньою, щоб компенсувати загальний об'єм рідини, що випарувалася, у зоні потоку та об'єм концентрованої рідини, вилученої з процесу.

Представлений у цьому описі винаходу компактний концентратор рідини включає низку особливостей, які дозволяють економічно ефективно використовувати його для концентрування потоків стічних вод з широким діапазоном характеристик. Такий концентратор стійкий до корозії в широкому діапазоні характеристик, що подається до нього рідини, собівартість і вартість його експлуатації у доступних межах, дозволяє ефективно використовувати енергію безпосередньо з широкої розмаїтості джерел. Крім того, такий концентратор є досить компактным, щоб його можна було використовувати як портативний концентратор, а, отже, доставляти у місця, де утворюються стічні води в результаті неконтрольованих явищ, його можна встановлювати в безпосередній близькості до джерел скидного тепла, таких як факели свердловин з природним газом. Отже, представлений у цьому описі винаходу концентратор є економічно ефективним, надійним і довговічним пристроєм, що дозволяє у безперервному режимі концентрувати широкий спектр потоків стічних вод різних типів, і уникати використання традиційних теплообмінників з твердими поверхнями, що працюють у традиційних системах з непрямою передачею тепла, приводячи до засмічення і відкладення осадів.

Компактний концентратор рідини має перевагу використання прямого теплообміну без потреби у твердих теплообмінних поверхнях. Завдяки цьому в компактного концентратора рідини немає недоліків, пов'язаних з утворенням твердого осаду на теплообмінних поверхнях. Більше того, компактний концентратор рідини може працювати в безперервному режимі при дуже високих концентраціях стічних вод. Висока турбулентність всередині концентратора запобігає утворенню великих кристалів і підтримує тверді речовини у завислому стані у розчині. Тому компактний концентратор рідини характеризується дуже невеликим утворенням осаду на його поверхнях. Осаджені тверді речовини можна видалити з концентратора за допомогою відстійника або вакуумного стрічкового фільтра, повертаючи рідку частину в концентратор. Отже, можна домогтися майже нульового зливу рідини під час безперервної роботи. Осаджені тверді речовини, як правило, можна складувати на полігоні для відходів для їхньої утилізації.

В одному з варіантів виконання цього концентратора, перед або після концентрування до стічних вод може додаватися певний реактив. Такий реактив може хімічно або механічно взаємодіяти з небезпечними компонентами стічних вод з одержанням безпечних або нерозчинних речовин. Таким чином, концентратор може використовуватися для видалення небезпечних речовин з потоків стічних вод.

Короткий опис креслень

На Фігурі 1 представлений вид компактного концентратора рідини в перспективі.

На Фігурі 2 представлено збільшене перспективне зображення секції концентрування/випарювання компактного концентратора рідини, повністю зображеного на Фігурі 1.

Фігура 3 представляє схематичний вид компактного концентратора рідини, показаного на Фігурі 1.

Фігура 4 представляє інший варіант реалізації компактного концентратора рідини.

Докладний опис винаходу

Фігура 1 ілюструє один визначений варіант реалізації компактного концентратора рідини (110), приєднаного до джерела скидного тепла у вигляді факела свердловини природного газу. Загалом, компактний концентратор рідини (110) концентрує стічні води, такі як відпрацьована вода зі свердловини природного газу, використовуючи тепло, що відходить, або викидне тепло, що утворилося у факелі природного газу, що спалює природний газ у відповідності зі стандартами, встановленими Агентством США з захисту навколишнього середовища (EPA) і/або місцевими органами влади. Як відомо, більшість свердловин природного газу мають факел, використовуваний для спалювання надлишку природного газу. Як правило, газ, що виходить з факела, має температуру від 1200 до 1500 градусів за шкалою Фаренгейта і може досягати температури 1800 градусів за шкалою Фаренгейта. Компактний концентратор рідини (100) також ефективно концентрує воду, що просочується в ґрунт з полігона для відходів, або інші стічні води, і може працювати на газі факела полігона для відходів, що відходить, факелі пропану або на теплі від майже будь-якого іншого джерела.

Як показано на Фігурі 1, компактний концентратор рідини (110), загалом, включає вузол факела (115), вузол теплопередачі (117), вузол попередньої обробки повітря (119), вузол концентратора (120), докладніше представлений на Фіг. 2, рідинний газоочисник (122) і секцію вихлопу (124). Важливо зауважити, що вузол факела (115) містить факел (130), у якому спалюється природний газ (або інше паливо, що спалюється) відповідно до будь-якого відомого принципу, і блок ковпака факела (132). Блок ковпака факела (132) може включати рухомий ковпак (134) (наприклад, ковпак факела, ковпак для вихлопних газів тощо), що покриває верхню частину факела (130) або іншу вихлопну трубу (наприклад, вихлопну трубу для газоподібних продуктів згоряння) так, щоб запечатувати факел (130), коли ковпак факела (134) перебуває у закритому положенні, або відводити частину факельного газу в частково закритому положенні, даючи змогу газу, отриманому у факелі (130) виходити в атмосферу через відкритий кінець, що утворить первинний випускний отвір (143) для газу, коли ковпак факела (134) перебуває у відкритому або частково відкритому положенні. Вузол ковпака факела (132) включає також привод ковпака, такий як електромотор (135) (див. Фіг. 3), що переміщає ковпак факела (134) між повністю відкритим і повністю закритим положенням. У приводі ковпака факела може використовуватися ланцюгова передача або будь-який інший механізм передачі, з'єднаний з ковпаком факела (134) для того, щоб рухати ковпак факела (134) навколо осі повороту. Вузол ковпака факела (132) може також включати противагу (див. Фіг. 3), розташовану з протилежного боку від осі повороту ковпака факела (134) для балансування або компенсації частини ваги ковпака факела (134) при русі ковпака факела (134) навколо осі повороту. Противага дає змогу використовувати привод меншого розміру або потужності, що, проте, може рухати або обертати ковпак факела (134) між відкритим положенням, у якому верхня частина факела (130) (або випускний отвір для первинного газоподібного продукту згоряння (143)) відкрита в атмосферу, і закритим положенням, у якому ковпак факела (134) покриває і, по суті, запечатує верхню частину факела (130) (або випускний отвір для первинного газоподібного продукту згоряння (143)). Сам по собі ковпак факела (134) може бути виготовлений з матеріалу, стійкого до дії високих температур, такого як нержавіюча сталь або вуглецева сталь, і може бути вистелений вогнетривким матеріалом, включаючи оксид алюмінію і/або оксид цирконію, у нижній частині, що безпосередньо контактує з гарячими факельними газами, коли ковпак факела (134) перебуває в закритому положенні.

За бажанням, факел (130) може включати перехідну секцію (138), що включає первинний випускний отвір для газоподібних продуктів згоряння (143) і вторинний випускний отвір для газоподібних продуктів згоряння (141), що міститься перед (по ходу потоку газу) первинним випускним отвором для газоподібних продуктів згоряння (143). Якщо ковпак факела (130) перебуває в закритому положенні або в частково закритому положенні, газоподібні продукти згоряння переспрямовуються через вторинний випускний отвір для газоподібних продуктів згоряння (141). Перехідна секція (138) може включати сполучну секцію (139), що з'єднує факел (130) (або вихлопну трубу) з секцією теплопередачі (117) за допомогою 90-градусного коліна. Можливі й інші варіанти з'єднання. Наприклад, факел (130) і секція теплопередачі (117) можуть бути з'єднані практично під будь-яким кутом від 0 до 180 градусів. У такому випадку, вузол ковпака факела (132) монтується нагорі перехідної секції (138) поблизу від первинного випускного отвору для газоподібних продуктів згоряння (143).

Як показано на Фіг. 1, вузол теплопередачі (117) включає перехідну трубку (140), що з'єднує вхідний отвір вузла попередньої обробки повітря (119) з факелом (130), конкретніше, з перехідною секцією (138) факела (130). Опорна деталь (142) у вигляді вертикальної рейки або штанги підтримує теплообмінну трубку (140) між факелом (130) і вузлом попередньої обробки

повітря (119) на заданому рівні або висоті над рівнем землі. Теплообмінна трубка (140) з'єднана зі сполучною секцією (139) або перехідною секцією (138) у вторинного випускного отвору для газоподібних продуктів згоряння (141), утворюючи частину каналу проходження рідини між перехідною секцією (138) і вторинним процесом, таким як процес концентрування рідини.

- 5 Опорна деталь (142) може виявитися необхідною, тому що теплообмінна трубка (140), як правило, виготовляється з металу, такого як вуглецева або нержавіюча сталь, і може бути вистелена вогнетривкими матеріалами, такими як оксид алюмінію і/або оксид цирконію, щоб витримувати температуру газу, переданого від факела (130) до вузла попередньої обробки повітря (119). Отже, теплообмінна трубка (140), як правило, є важким елементом устаткування.
- 10 Однак, тому що факел (130), з одного боку, і вузол попередньої обробки повітря (119) і вузол концентратора (120), з іншого боку, розташовані в безпосередній близькості один до одного, теплообмінна трубка (140), як правило, може бути відносно короткою, що знижує вартість матеріалів, використовуваних у концентраторі (110), а також знижує вимоги до опорної структури, необхідної для підтримки ваги важких деталей концентратора (110) над землею. Як
- 15 показано на Фіг. 1, теплообмінна трубка (140) і вузол попередньої обробки повітря (119) утворюють структуру у формі букви П.

- Вузол попередньої обробки повітря (119) включає вертикальну трубчасту секцію (150) і клапан зовнішнього повітря (306) (див. Фіг. 3), розташований нагорі вертикальної трубчастої секції (150). Клапан зовнішнього повітря (306) (також називаний заслінкою або пропускним клапаном) утворює канал проходження рідини між теплообмінною трубкою (140) (або вузлом попередньої обробки повітря (119)) та атмосферою. Клапан зовнішнього повітря (306) дає змогу зовнішньому повітрю проходити крізь чарунковий екран (152) (як правило, виготовлений з дроту або металу) всередину вузла попередньої обробки повітря (119) для змішування з гарячим газом, що надходить від факела (130). За бажанням, вузол попередньої обробки повітря (119) може включати постійно відкриту секцію поруч з клапаном зовнішнього повітря (306), що завжди дає змогу деякій кількості повітря, що випускається, попадати у вузол попередньої обробки повітря (119), що може бути бажаним для зменшення розміру необхідного клапана зовнішнього повітря (306) з міркувань безпеки. За бажанням, з боку впуску клапана зовнішнього повітря (306) може бути приєднана повітродувка (на кресленні не показана) для нагнітання зовнішнього
- 20 повітря через клапан зовнішнього повітря (306). Якщо використовується повітродувка, екран (152) і постійно відкрита секція (якщо така використовується) можуть бути переведені на бік впуску повітродувки. Управління зовнішнім повітрям (306) буде докладніше описано нижче, але слід зазначити, що клапан зовнішнього повітря (306), загалом, дозволяє охолоджувати газ із факела (130) до бажаніших температур перед тим, як він потрапить у вузол концентратора (120). Вузол попередньої обробки повітря (119) може підтримуватися, частково, поперечками (154), приєднаними до опорної деталі (142). Поперечки (154) стабілізують вузол попередньої обробки повітря (119), що також зазвичай виготовляють з важкої вуглецевої сталі або нержавіючої сталі або іншого металу, і який може бути вистелений вогнетривким матеріалом для підвищення коефіцієнта корисного використання енергії і для того, щоб вузол витримував
- 30 високу температуру газів у цій секції концентратора (110). За бажанням, вертикальну трубчасту секцію (150) можна розтягти так, щоб враховувалися факели різної висоти, і можна було б зробити концентратор (110), що легко пристосовується до багатьох різних факелів або факелів різної висоти, а також, щоб підвищити ефективність монтажу концентраторів, коректуючи невеликі зсуви окремих компонентів по вертикалі і/або по горизонталі. Вертикальна трубчаста секція (150) може включати першу секцію (150A) (показана пунктирними лініями), що пересувається всередині другої секції (150B), отже, даючи змогу регулювати трубчасту секцію (150) щодо довжини (висоти).
- 40
- 45

Загалом, вузол попередньої обробки повітря (119) служить для змішування зовнішнього повітря, що надходить через клапан зовнішнього повітря (306) під екраном (152), з гарячим повітрям, що надходить від факела (130) через теплообмінну трубку (140), для досягнення бажаної температури газу на вході вузла концентратора (120).

- Вузол концентратора рідини (120) включає вступну секцію (156), що має зменшений поперечний переріз у нижній частині, що з'єднує нижню частину трубчастої секції (150) з охолоджувальною камерою (159) вузла концентратора (120). Вузол концентратора (120) включає також перший отвір впуску рідини (160), через який нова або необроблена рідина, що підлягає концентруванню, така як відпрацьована вода зі свердловини для природного газу, надходить всередину уловлювача (159). Впускний отвір (160) може включати великодисперсний розпилювач (не представлений на Фіг. 1) з великою форсункою для подачі необробленої рідини в охолоджувальну камеру (159). Оскільки рідина, подана розпилювачем в охолоджувальну камеру (159), на такому етапі роботи системи ще не є концентрованою, і, отже, має великий
- 50
- 55
- 60

об'єм, і оскільки розпилювач є розпилювачем рідини з великодисперсними частками, форсунка розпилювача не обростає осадам і не засмічується маленькими частками, що присутні в рідині. Як буде зрозуміло далі, в охолоджувальній камері (159) відбувається швидке зниження температури потоку газу (наприклад, від приблизно 900 градусів за шкалою Фаренгейта до менш ніж 200 градусів за шкалою Фаренгейта) при істотному випарюванні рідини, що введена через впускний отвір (160). За бажанням, поруч з виходом з трубчастої секції (150) або поруч з охолоджувальною камерою (159) може встановлюватися датчик температури (308) (див. Фіг. 3) для управління положенням клапана зовнішнього повітря і, отже, контролювання температури газу, що надходить на впускний отвір вузла концентратора (120).

Як показано на Фіг. 1 і 2, охолоджувальна камера (159) з'єднана з камерою введення рідини, з'єднаною зі звуженою частиною або з трубкою Вентурі (162), що має менший поперечний переріз, ніж відповідна охолоджувальна камера (159), і має всередині пластинку (163) (показана пунктирною лінією). Пластика Вентурі (163) створює вузький прохід по трубці Вентурі (162), що забезпечує великий перепад тиску між входом і виходом з трубки Вентурі (162). Великий перепад тиску створює турбулентний потік газу та зусилля зсуву всередині камери охолодження (159) у верхній частині або на вході в трубку Вентурі (162), і високу швидкість виходу газу з трубки Вентурі (162), що веде до ретельного перемішування газу і рідини в секції трубки Вентурі (162). Положення пластинки (163) у трубці Вентурі може контролюватися керованою вручну тягою (165) (див. Фіг. 2), поєднаною з віссю обертання пластинки (163) або за допомогою автоматичного пристрою позиціювання з приводом від електромотора або пневматичного циліндра.

Трубка рециркуляції (166) розташовується навколо протилежних сторін входу в секцію трубки Вентурі (162) і дозволяє вводити частково концентровану (тобто, рециркуляційну) рідину в секцію трубки Вентурі (162) через численні отвори для впуску рідини, розташовані на одній або кількох сторонах зони потоку, для подальшого концентрування і/або запобігання утворенню сухих часток всередині вузла концентратора (120). Ряд трубок (хоча й не показаний явно на Фіг. 1 і 2), як, наприклад, три трубки діаметром, наприклад, $\frac{1}{2}$ дюйма, можуть відходити від кожного з протилежних відгалужень трубки (166), частково оточуючи секцію трубки Вентурі (162), і проходити крізь стінки всередину секції трубки Вентурі (162). Оскільки рідина, що подається в концентратор (110) на цьому етапі, є рециркуляційною рідиною, і тому є частково концентрованою або має певну рівноважну концентрацію, а отже, більше схильною до засмічення форсунки розбризкувача, ніж менш концентрована рідина, що подається через вхідний отвір (160), таку рідину можна подавати прямо, без використання розпилювача, щоб запобігти його засміченню. Однак, при бажанні, перед кожним з отворів $\frac{1}{2}$ -дюймових трубок можна розташувати дефлектор у вигляді плоскої пластинки, щоб рідина, що вводиться в систему на цьому етапі, ударялася об дефлектор і попадала у вузол концентратора (120) у вигляді дрібних крапель. У кожному разі, конфігурація цієї рециркуляційної системи дає змогу краще розподіляти або розприскувати рециркуляційну рідину в потоці газу, що проходить крізь вузол концентратора (120).

Об'єднані гарячий газ і рідина турбулентно протікають через секцію трубки Вентурі (162). Як відзначалося вище, трубка Вентурі (162), що містить рухливу пластинку Вентурі (163), розташовану поперек вузла концентратора (120), створює турбулентний потік і завершує перемішування рідини з газом, приводячи до швидкого випарювання і переходу неоднорідної рідкої фази у безперервну газову фазу. Оскільки перемішування, що спричиняється трубкою Вентурі (162), приводить до сильного випарювання, газ істотно охолоджується у вузлі концентратора (120) і виходить з трубки Вентурі (162) у заливне коліно (164) з великою швидкістю. Фактично, температура газорідинної суміші на цьому етапі може становити приблизно 160 градусів за шкалою Фаренгейта. В одному з варіантів здійснення цього винаходу, загальна довжина вузла концентратора може становити 20 футів або менше, зокрема, приблизно від 4 футів до 12 футів, ще конкретніше – приблизно від 5 футів до приблизно 10 футів. В одному з варіантів здійснення цього винаходу, максимальна площа поперечного перерізу трубки Вентурі (162) може становити 25 квадратних футів або менше, зокрема, приблизно від 2 квадратних футів до 16 квадратних футів, ще конкретніше – приблизно від 3 квадратних футів до 8 квадратних футів. Описані вище геометричні розміри дозволяють одержати ефективну і достатню турбулентність газорідинного потоку, що підсилює обмін теплом і масою між газом і частками рідини, тому що такі геометричні розміри приводять до формування значної площі розділу фаз між газом і рідиною. В одному з варіантів здійснення цього винаходу, у якому 8,75 галонів стічних вод, що містять приблизно 26 % твердих речовин (за вагою), за хвилину подаються в концентратор (110), а 85 галонів концентрованих стічних вод за хвилину безперервно подаються на рециркуляцію з відстійника (172) (сумарно приблизно

93,75 галонів рідини за хвилину) разом з приблизно 14000 кубічних футів за хвилину газоподібних продуктів згорання, між газоподібною і рідкою фазою (вважаючи, що середній діаметр часток рідини становить приблизно 110 мікрон) створюються поверхні розділу фаз загальною площею приблизно 5,26 акрів на хвилину. Така площа розділу фаз перевищує площу розділу фаз у відомих системах випарювання з непрямим теплообміном.

Будова порога (не показано) у нижній частині заливного коліна (164) дає змогу підтримувати постійний рівень частково або повністю концентрованої рециркуляційної рідини, що міститься в ній. Крапельки рециркуляційної рідини, захоплені газовою фазою, виходять з трубки Вентурі (162) у вигляді газорідинної суміші з великою швидкістю і відкидаються на поверхню рециркуляційної рідини, що міститься в нижній частині заливного коліна (164), відцентровою силою, створюваною, коли газорідинна суміш має повертатися на 90 градусів для проходження в рідинний газоочисник (122). Значна кількість крапельок рідини, захоплених газовою фазою, які налітають на поверхню рециркуляційної рідини в нижній частині заливного коліна (164), зливаються та залишаються в рециркуляційній рідині, збільшуючи її об'єм у нижній частині заливного коліна (164) і приводячи до переливу еквівалентної кількості рециркуляційної рідини через поріг та зливання її під дією сили тяжіння у відстійник (172) у нижній частині рідинного газоочисника (122). Таким чином, взаємодія газорідинного потоку з рідиною в заливному коліні (164) дає змогу видалити крапельки рідини з газорідинного потоку і запобігає ударах часток, зважених у газорідинному потоці, об дно заливного коліна (164) на великій швидкості, запобігаючи, таким чином, ерозії металу, з якого виготовлені частини бічних стінок, розташовані під рівнем порога, і дно заливного коліна (164).

Покинувши заливне коліно (164), газорідинний потік, у якому все ще міститься випарювана рідина і деяка кількість часток рідини та інших часток, протікає крізь рідинний газоочисник (122), що, у цьому випадку, є газоочисником з поперечним потоком. Рідинний газоочисник (122) містить різні екрани або фільтри, що служать для видалення захоплених часток рідини та інших часток з газорідинного потоку. В одному окремому прикладі, газоочисник з поперечним потоком (122) може містити на вході вихідний дефлектор (169) для відбиття великодисперсних часток, призначений для видалення крапельок рідини діаметром від 50 до 100 мікронів або більше. Тому в рідинному газоочиснику (122) поперек шляху протікання рідини розташовані фільтри V-подібної форми (170), що видаляються, такі фільтри V-подібної форми (170) можуть поступово доводитися до необхідного розміру або розташовуватися так, щоб видаляти крапельки рідини все меншого розміру, наприклад, такі як крапельки діаметром 20-30 мікронів або менше ніж 10 мікронів. Звичайно ж, можна використати більшу або меншу кількість фільтрів V-подібної форми.

Як правило, у газоочисниках з поперечним потоком рідина, що вловлюється фільтрами (169) і (170) і пристроєм переливного порога на дні заливного коліна (164), стікає самопливом у резервуар або відстійник (172), розташований на дні рідинного газоочисника (122). Відстійник (172), що може містити, наприклад, 200 галонів рідини, збирає в собі концентровану рідину, що містить розчинені і завислі тверді речовини, вилучені з газорідинного потоку, і служить резервуаром для рециркуляційної концентрованої рідини, що подається назад у вузол концентратора (120) для подальшої обробки і/або запобігання утворенню сухих твердих часток всередині вузла концентратора (120). В одному з варіантів виконання цього винаходу, відстійник (172) може мати похиле V-подібне дно (171) з V-подібним надрізом (175), що проходить від задньої частини рідинного газоочисника (122) (далі всього від заливного коліна (164)) до передньої частини рідинного газоочисника (122) (найближче до заливного коліна (164)), причому V-подібний надріз (175) має такий нахил, що нижня частина V-подібного надрізу (175) виявляється нижчою в найближчого до заливного коліна (164) кінця рідинного газоочисника (122), ніж у далекого, відносно заливного коліна (164) кінця рідинного газоочисника (122). Інакше кажучи, V-подібне дно (171) може бути нахилене так, що нижня точка V-подібного дна (171) буде міститися поруч з вихідним отвором (173) і/або насосом (182). Крім того, у водоводі (177) на газоочисник (Фіг. 3) концентрована рідина може перекачуватися від відстійника (172) на розпилювач (179) усередині газоочисника з поперечним потоком (122), причому розпилювач (179) встановлюється так, щоб подавати рідину на V-подібне дно (171). В якості альтернативи, розпилювач (179) може подавати рідину, що не пройшла концентрування, або чисту воду на V-подібне дно (171). Розпилювач (179) може періодично або постійно подавати рідину на поверхню V-подібного дна (171) для відмивання твердих речовин і запобігання нагромадженню твердих речовин на V-подібному дні (171) або вихідному отворі (173) і/або насосі (182). Завдяки наявності такого V-подібного похилого дна (171) і водоводу на газоочисник (177), рідина, що збирається у відстійнику (172), безперервно перемішується та оновлюється, чим підтримується відносно постійна консистенція і зважений стан частинок у рідині. За бажанням, водовід на

газоочисник (177) може бути окремим каналом, у якому використовується окремий насос з вхідним отвором, наприклад, усередині відстійника (172), або може використовуватися насос (182), пов'язаний з каналом рециркуляції концентрованої рідини, описаним нижче, для подачі концентрованої рідини з відстійника (172) на V-подібне дно (171).

5 Як показано на Фіг. 1, зворотний канал (180), а також насос (182) здійснюють рециркуляцію рідини, вилученої з газорідного потоку, з відстійника (172) назад у концентратор (120), чим замикають лінію рециркуляції рідини. Аналогічно, у вхідному каналі (186) може бути встановлений насос (184) для перекачування нової або необробленої рідини, такої як вода відпрацювання свердловини для природного газу, на вхід (160) вузла концентратора (120). Крім
10 того, один або кілька розпилювачів (не показані) можуть розташовуватися всередині рідинного газоочисника (122) поруч з фільтрами V-подібної форми (170), і такі розпилювачі можуть періодично подавати чисту воду або частину стічних вод на фільтри V-подібної форми (170), щоб вони залишалися чистими.

Концентровану рідину також можна видаляти з нижньої частини рідинного газоочисника (122) через вихідний отвір (173) і далі обробляти або утилізувати будь-яким підходящим
15 способом у паралельному процесі або вторинному каналі рециркуляції (181). Зокрема, концентрована рідина, вилучена через вихідний отвір (173), містить певну кількість зважених твердих речовин, які можна переважно відокремити від рідкої частини концентрованої рідини та видалити із системи за допомогою вторинного каналу рециркуляції (181). В одному з прикладів, концентрована рідина може містити від приблизно 50 % до приблизно 60 % твердих речовин.
20 Концентрована рідина, вилучена через вихідний отвір (173), може подаватися по вторинному каналі рециркуляції (181) на один або кілька пристроїв розділення твердої і рідкої фази (183), такі як відстійні баки, вібраційні сита, ротаційні вакуумні фільтри, горизонтальні стрічкові вакуумні фільтри, стрічкові фільтр-преси, фільтр-преси і/або гідроциклони. Пристрій розділення твердої і рідкої фази (183) може забезпечувати зону низької турбулентності, що сприяє кристалізації осаду, що може привести до збільшення, швидшому осадженню і ефективнішому відділенню зважених твердих часток. Після розділення зважених твердих часток і рідкої фракції концентрованих стічних вод за допомогою пристрою розділення твердої і рідкої фази (183), рідка частина концентрованих стічних вод, з якої, в основному, вилучені завислі частки, може повертатися у відстійник (172) для подальшої обробки в першому або первинному каналі рециркуляції, з'єднаному з концентратором. Тверда частина концентрованих стічних вод, що в
30 одному з варіантів здійснення цього винаходу може включати приблизно 80 % або більше твердої речовини, може видалятися з системи через отвір (215) і утилізуватися, наприклад, шляхом розміщення на полігоні для відходів. В якості альтернативи, тверда частина концентрованих стічних вод може проходити подальшу обробку для виділення придатних для продажу матеріалів, таких як сіль для доріг або компоненти бурових розчинів.

Газ, що проходить крізь рідинний газоочисник (122) разом з рідиною і вилученими з неї зваженими твердими речовинами, виходить із системи трубок або каналів у задній частині рідинного газоочисника (122) (за фільтрами V-подібної форми (170)) і проходить крізь витяжний
40 вентилятор (190) вихлопного вузла (124), звідки він викидається в атмосферу у вигляді охолодженого газу (у порівнянні з газом на вхідному отворі) з водяною парою. Звичайно ж, електромотор (192) витяжного вентилятора приєднаний і працює для того, щоб витяжний вентилятор (190) створював від'ємний тиск у рідинному газоочиснику (122) і, в остаточному підсумку, протягав газ від факела (130) через перехідну трубку (140), вузол попередньої обробки повітря (119) і вузол концентратора (120). Витяжний вентилятор (190) повинен створювати лише невеликий від'ємний тиск всередині рідинного газоочисника (122), щоб забезпечити належну роботу концентратора (110).

Хоча швидкість обертання витяжного вентилятора (190) може змінюватися за допомогою такого пристрою як частотно-регульований електропривод для створення змінних рівнів
50 зниженого тиску всередині рідинного газоочисника (122) і, отже, витяжний вентилятор (190) може, як правило, використовуватися в діапазоні швидкостей потоку газу, що забезпечують повний потік газу від факела (130), якщо факел (130) виробляє недостатню кількість газу, роботу витяжного вентилятора (190) не можна у всіх випадках відрегулювати так, щоб забезпечувати належне падіння тиску в самому рідинному газоочиснику (122). Тобто, для ефективного і належного функціонування, газ, що проходить через рідинний газоочисник (122), повинен мати достатню (мінімальну) швидкість потоку на вході в рідинний газоочисник (122). Як правило, виконання цієї вимоги забезпечується підтримкою мінімального встановленого перепаду тиску в рідинному газоочиснику (122). Однак, якщо факел (130) не забезпечує, принаймні, мінімального рівня газу, збільшення швидкості обертання витяжного вентилятора (190) не зможе створити необхідний перепад тиску в рідинному газоочиснику (122).
60

Для компенсації такого недостатнього потоку газу в конструкцію газоочисника з поперечним потоком (122) включають канал рециркуляції газу, що може використовуватися для забезпечення достатньої кількості газу на вході рідинного газоочисника (122), щоб створювався необхідний перепад тиску в рідинному газоочиснику (122). Зокрема, канал рециркуляції газу включає лінію або трубку повернення газу (196), що з'єднує сторону високого тиску вузла вихлопу (124) (наприклад, за вихлопним вентилятором (190)) зі входом у рідинний газоочисник (122) (наприклад, впускним отвором для газу в рідинному газоочиснику (122)), і дефлектор або механізм управління (198), розташований у трубці повернення газу (196), що відкриває і закриває трубку повернення газу (196), щоб у такий спосіб з'єднати по текучому середовищу сторону високого тиску вузла вихлопу (124) із вхідним отвором рідинного газоочисника (122). Під час роботи, якщо кількість газу на вході в рідинний газоочисник (122) недостатня для одержання мінімального необхідного перепаду тиску на рідинному газоочиснику (122), дефлектор (198) (який може бути, наприклад, газовим клапаном, заслінкою типу жалюзі тощо) відкривається, щоб спрямувати газ від сторони високого тиску вихлопного вузла (124) (тобто, газ, що пройшов через витяжний вентилятор (190)) назад на вхід рідинного газоочисника (122). Це забезпечує достатню кількість газу на вході рідинного газоочисника (122) для забезпечення роботи витяжного вентилятора (190), що створює мінімальний необхідний перепад тиску в рідинному газоочиснику (122).

Повернувшись до Фіг. 2, можна побачити, що перед заливним коліном (164) вузла концентратора (120) є також люк (200), що швидко відкривається, який забезпечує простий доступ всередину заливного коліна (164). Аналогічний люк, що швидко відкривається, може міститися в будь-якій бажаній частині концентратора рідини (110), тому що більшість елементів концентратора (10) працюють під зниженим тиском.

Комбінація деталей, представлених на Фіг. 1 і 2, дає змогу виготовити концентратор (110), у якому використовується скидна теплота газу від факела природного газу, причому в протилежному випадку, така скидна теплота виділялася б безпосередньо в атмосферу. Важливо відзначити, що в концентраторі (110) використовується мінімальна кількість дорогого термостійкого матеріалу в трубках і конструкційних елементах, необхідних для використання газів, що виходять з факела (130) при високих температурах. Наприклад, невелика довжина теплообмінної трубки (140), виготовленої з дорогих матеріалів, зведена до мінімуму, що дає змогу зменшити вартість і всього концентратора рідини (110). Крім того, завдяки малому розміру теплообмінної трубки (140), потрібна лише одна опорна деталь (142), що ще знижує вартість виготовлення концентратора (110). Далі, той факт, що вузол попередньої обробки повітря (119) розташований безпосередньо нагорі вузла концентратора рідини (120), а газ у цих секціях надходить зверху вниз, до основи (до землі), дає змогу підтримувати ці секції концентратора (110) безпосередньо основою або підставкою, на якій змонтовані такі деталі. Така конфігурація дає змогу розташовувати концентратор (110) дуже близько до факела (130), роблячи його компактнішим. Аналогічно, така конфігурація дає змогу втримувати високотемпературні секції концентратора (110) (наприклад, верхню частину факела (130), теплообмінну трубку (140) і вузол попередньої обробки повітря (119)) над поверхнею основи (землі) осторонь від можливого випадкового торкання людиною, що підвищує безпеку конфігурації. Фактично, завдяки швидкому охолодженню, що відбувається в трубці Вентурі (162) вузла концентратора (120), секція Вентурі (162), заливне коліно (164) і рідинний газоочисник (122), як правило, є досить холодними, щоб їх можна було торкнутися без шкоди (навіть, коли гази, що виходять з факела (130), мають температуру 1800 градусів за шкалою Фаренгейта). Швидке охолодження газорідної суміші дає змогу використовувати, як правило, дешевші, легше оброблювані і стійкіші до корозії матеріали. Крім того, деталі, розташовані за (по ходу течії) заливним коліном (164), такі як рідинний газоочисник (122), витяжний вентилятор (190) і вихлопна секція (124) можуть виготовлятися з таких матеріалів як склопластик.

Концентратор рідини (110) є також дуже швидкодіючим концентратором. Оскільки концентратор (110) є концентратором з використанням прямого контакту, у ньому не нарастає осад, він не засмічується і не обростає частками в такій мірі, як інші концентратори. Крім того, можливість контролювати (відкривати або закривати) ковпак факела (134) залежно від того, чи використовується концентратор (110), дає змогу використовувати факел (130) для спалювання газу без переривання в момент пуску і зупинки концентратора (110). Зокрема, ковпак факела (134) можна швидко відкрити в будь-який час, щоб факел (130) спалював газ у нормальному режимі, коли концентратор (110) виключений. З іншого боку, ковпак факела (134) можна швидко закрити, коли концентратор (110) запускається, і спрямувати гарячі гази, створені факелом (130) у концентратор (110), даючи змогу концентратору (110) працювати, не перериваючи роботу

факела (130). У кожному випадку, концентратор (110) можна включити і виключити, виходячи з положення ковпака факела (134), не перериваючи роботу факела (130).

За бажанням, ковпак факела (134) можна частково відкрити під час роботи концентратора (110), щоб контролювати кількість газу, переданого з факела (130) на концентратор (110). Така функція, у сполученні з функцією клапана зовнішнього повітря, може бути корисною для контролю температури газу на вході в секцію Вентурі (162).

Крім того, завдяки компактній конфігурації вузла попередньої обробки повітря (119), вузла концентратора (120) і рідинного газоочисника (122), деталі вузла концентратора (120), рідинного очисника (122), витяжного вентилятора (190) і, принаймні, нижньої частини вихлопної секції (124) можуть бути постійно змонтовані (з'єднані та укріплені) на підставці або плиті. Верхні частини вузла концентратора (120), вузла попередньої обробки повітря (119) і теплообмінної трубки (140), а також, верхня частина вихлопної труби, можуть видалятися і зберігатися на підставці або плиті для транспортування, або можуть транспортуватися на окремій вантажівці. Завдяки способу, в який нижні частини концентратора (110) можуть монтуватися на підставці або плиті, концентратор (110) легко переміщати і встановлювати. Зокрема, під час установки концентратора (110), підставка зі змонтованим на ньому рідинним концентратором (122), заливним коліном (164) і витяжним вентилятором (190), може вивантажуватися на місці установки, у якому повинен використовуватися концентратор (110), просто шляхом вивантаження підставки на землю або в інше місце, де повинен збиратися концентратор (110). Після чого, секція Вентурі (162), камера охолодження (159) і вузол попередньої обробки повітря (119) можуть розміщатися нагорі заливного коліна (164) і приєднуватися до нього. Потім секція трубопроводів (150) може розтягуватися по висоті, щоб відповідати висоті факела (130), до якого повинен бути приєднаний концентратор (110). У деяких випадках, спочатку може знадобитися монтаж вузла ковпака факела (132) на вже існуючий факел (130). Потім теплообмінну трубку (140) можна підняти на належну висоту і приєднати між факелом (130) і вузлом попередньої обробки повітря (119) при установці на своє місце опорної деталі (142). Для концентраторів продуктивністю випарювання від 10000 до 30000 галонів на день, можна змонтувати весь вузол факела (115) на тій же підставці або платформі, що й концентратор (120).

Оскільки більшість насосів, трубопроводів для рідини, датчиків та електронного обладнання розташовуються на вузлі концентратора рідини (120), рідинному газоочиснику (122) або вузлі витяжного вентилятора (190) або приєднані до них, установка концентратора (110) на конкретному місці вимагає лише мінімальних сантехнічних, механічних і електротехнічних робіт на місці установки. У результаті, концентратор (110) відносно просто монтувати і встановлювати (і демонтувати) на відповідному місці його експлуатації. Більше того, оскільки більшість компонентів концентратора (110) є постійно встановленими на стійці, концентратор (110) легко транспортувати на вантажівці або іншому транспортному засобі, і легко вивантажувати і встановлювати в заданих місцях, таких як, наприклад, місце поруч із факелом звалищного газу.

На Фіг. 3 представлена схема системи управління (300), що може використовуватися для управління концентратором (110), представленим на Фіг. 1. Як показано на Фіг. 3, система управління (300) включає контролер (302), що може бути процесором цифрових сигналів, програмувальним логічним контролером (ПЛК), який може здійснювати управління, наприклад, на основі ланцюгової логічної схеми, або контролером будь-якого іншого типу. Контролер (302) зазвичай з'єднується з різними компонентами концентратора (110). Зокрема, контролер (302) приєднується до електропривода ковпака факела (135), що керує відкриванням і закриванням ковпака факела (134). Електромотор (135) може бути встановлений так, щоб керувати переміщенням ковпака факела (134) між повністю відкритим і повністю закритим положенням. Однак, за бажанням, контролер (302) може управляти електроприводом (135) так, щоб ковпак факела (134) відкривався на кожне з різних контрольованих положень між повністю відкритим і повністю закритим положенням. За бажанням, електромотор (135) може мати швидкість обертання, що безперервно варіюється так, щоб ковпак факела (134) міг установлюватися в будь-яке задане положення між повністю відкритим і повністю закритим положенням.

Крім того, контролер (302) з'єднаний з органами управління впускного клапана для зовнішнього повітря (306), розташованого у вузлі попередньої обробки повітря (119), представленого на Фіг. 1, до трубки Вентурі (162), і може використовуватися для управління насосами (182) і (184), які контролюють кількість і співвідношення упорскування нової рідини для обробки і рециркуляційної рідини, уже обробленої в концентраторі (110). Контролер (302) може бути функціонально пов'язаний з датчиком рівня (317) відстійника (наприклад, з поплавковим датчиком, безконтактним датчиком, таким як радарний або ультразвуковий, або датчик перепаду тиску). У контролері (302) може використовуватися сигнал від датчика рівня

відстійника (317) для управління насосами (182) і (184), що підтримують рівень концентрованої рідини у відстійнику (172) на заданому або бажаному рівні. Крім того, контролер (302) може з'єднуватися з витяжним вентилятором (190) для управління його функціонуванням, причому вентилятор може мати одну швидкість обертання, змінну швидкість обертання або безперервно регульовану швидкість обертання. В одному з варіантів здійснення цього винаходу, витяжний вентилятор (190) приводиться в дію електромотором з регульованою швидкістю обертання так, що швидкість обертання електромотора змінюється, контролюючи швидкість обертання вентилятора. Крім того, контролер (302) приєднується до датчика температури (308), розташованому, наприклад, у вхідного отвору вузла концентратора (120) або у вхідного отвору трубки Вентурі (162), і одержує сигнал, створений датчиком температури (308). Датчик температури (308) може також розташовуватися за трубкою Вентурі (162), крім того, датчик температури (308) може включати також датчик тиску для створення сигналу тиску.

Під час роботи або, наприклад, при запуску концентратора (110), коли працює факел (130) і спалює природний газ, контролер (302) може спочатку включити витяжний вентилятор (190) для створення від'ємного тиску всередині рідинного газоочисника (122) і вузлі концентратора (120). Контролер (302) може потім або одночасно відіслати сигнал електромотору (135) закрити ковпак факела (134) або частково, або повністю, скерувати викидне тепло від факела (130) у теплообмінну трубку (140) і, отже, у вузол попередньої обробки повітря (119). Ґрунтуючись на температурному сигналі від датчика температури (308), контролер (302) може управляти клапаном зовнішнього повітря (306) (як правило, повністю або частково закриваючи цей клапан) і/або приводом ковпака факела для контролю температури газу на вході у вузол концентратора (120). Загалом, клапан зовнішнього повітря (306) може бути зсунутий у повністю відкрите положення (тобто, може бути зазвичай відкритим) за допомогою деталі, що зсуває, такої як пружина, і контролер (302) може почати закривати клапан (306) для управління кількістю зовнішнього повітря, що спрямовує у вузол попередньої обробки повітря (119) (завдяки від'ємному тиску у вузлі попередньої обробки повітря (119)), так щоб суміш зовнішнього повітря і гарячих газів від факела (130) досягла бажаної температури. Крім того, за бажанням, контролер (302) може керувати положенням ковпака факела (134) (у проміжку між повністю відкритим і повністю закритим положенням) і може керувати швидкістю обертання витяжного вентилятора (190) для контролю кількості газу, що надходить у вузол попередньої обробки повітря (119) від факела (130). Як буде зрозуміло далі, може знадобитися змінювати кількість газу, що проходить через концентратор (110), залежно від температури і вологості атмосферного повітря, температури факела газу, кількості газу, що виходить з факела (130) тощо. Тому контролер (302) може керувати температурою і кількістю газу, що проходить через вузол концентратора (120), керуючи клапаном зовнішнього повітря (306), положенням ковпака факела (134) або швидкістю обертання витяжного вентилятора (190), або будь-якою комбінацією цих параметрів, ґрунтуючись, наприклад, на даних датчика температури (308) на вході у вузол концентратора (120). Бажаною є система зі зворотним зв'язком, оскільки в багатьох випадках повітря, що виходить з факела (130), має температуру від 1200 до 1800 градусів за шкалою Фаренгейта, що може виявитися занадто високою температурою або вищою температурою, ніж потрібно для ефективної і продуктивної роботи концентратора (110).

У будь-якому разі, як показано на Фіг. 3, контролер (302) може бути також приєднаний до електродвигуна (310), що служить приводом або керує положенням пластинки Вентурі (163) у звуженій частині вузла концентратора (120) для управління рівнем турбулентності, створюваної у вузлі концентратора (120). Крім того, контролер (302) може керувати роботою насосів (182) і (184) для контролю швидкості, з якою (і співвідношення, з яким) насоси (182) і (184) забезпечують подачу рециркуляційної рідини та нової стічної води, що підлягає обробці, на входи камери охолодження (159) і трубку Вентурі (162). В одному з варіантів здійснення цього винаходу, контролер (302) може керувати співвідношенням між рециркуляційною рідиною і новою рідиною так, щоб воно становило приблизно 10:1, тобто якщо насос (184) подає 8 галонів на хвилину нової рідини на вхід (160), рециркуляційний насос (182) подає 80 галонів на хвилину. Крім того, або в якості альтернативи, контролер (302) може керувати швидкістю потоку нової рідини, що підлягає обробці, у концентратор (через насос (184)), підтримуючи постійний або заздалегідь визначений рівень концентрованої рідини у відстійнику (172) за допомогою, наприклад, датчика рівня (317). Звичайно, кількість рідини у відстійнику (172) залежить від швидкості концентрування в концентраторі, швидкості, з якої концентрована рідина відкачується або в інший спосіб виходить з відстійника (172) по вторинному рециркуляційному каналу, і швидкості, з якою рідина з вторинного рециркуляційного каналу подається назад у відстійник (172), а також, від швидкості, з якої насос (182) відкачує рідину з відстійника (172) для доставки до концентратора по первинному рециркуляційному каналу.

За бажанням, один або обидва клапани зовнішнього повітря (306) і ковпак факела (134) можуть працювати в безпечному відкритому положенні, так щоб ковпак факела (134) і клапан зовнішнього повітря (306) відкривалися у випадку відмови системи (наприклад, втрати керуючого сигналу) або при вимиканні концентратора (110). В одному випадку, привод ковпака факела (135) може бути підтиснутий пружиною або зміщений за допомогою елемента, що зсуває, такого як пружина, так щоб відкривати ковпак факела (134) або забезпечувати відкриття ковпака факела (134) при втраті потужності приводом (135). В якості альтернативи, елемент, що зсуває, може бути противагою (137) на ковпаку факела (134), розташованою так, щоб ковпак факела (134) сам переходив у відкрите положення під дією сили противаги (137), коли привод (135) втрачає потужність або втрачає керуючий сигнал. Такий механізм приводить до швидкого відкриття ковпака факела (134) або при втраті потужності, або у випадках, коли контролер (302) відкриває ковпак факела (134), щоб гарячий газ факела (130) виходив через верхню частину факела (130). Звичайно, можуть використовуватися інші способи відкривання ковпака факела (134) при втраті керуючого сигналу, включаючи використання торсійної пружини на осі повороту ковпака факела (134), гідравлічної або пневматичної системи, що створює тиск у циліндрі, що закриває ковпак факела (134), а зниження тиску в такій системі приводить до відкриття ковпака факела (134) при втраті керуючого сигналу, тощо.

Отже, як видно з наведеного вище опису, комбінація ковпака факела (134) і клапана зовнішнього повітря (306) працює узгоджено для захисту конструкційних матеріалів концентратора (110), оскільки як тільки система вимикається, ковпак факела і повітряний клапан (306) автоматично відразу ж відкриваються, відокремлюючи гарячий газ, створюваний факелом (130), від процесу концентрування, і швидко впускаючи зовнішнє повітря для охолодження цього процесу.

Крім того, у такий же спосіб, клапан зовнішнього повітря (306) може зрушуватися пружиною або іншим способом відкриватися при вимиканні концентратора (110) або втраті сигналу, що надходить на клапан (306). Це приводить до швидкого охолодження вузла попередньої обробки повітря (119) і вузла концентратора (120) при відкритті ковпака факела (134). Більше того, завдяки тому, що клапан зовнішнього повітря (306) і ковпак факела (134) мають властивість швидко відкриватися, контролер (302) може швидко закрити концентратор (110), не виключаючи або не впливаючи на роботу факела (130).

Крім того, як показано на Фіг. 3, контролер (302) може бути приєднаний до привода пластинки Вентурі (310) або іншого привода, що зміщує або надає рух пластинці Вентурі (163) і змінює кут, під яким вона розташована всередині трубки Вентурі (162). За допомогою привода (310), контролер (302) може змінювати кут нахилу пластинки Вентурі (163), щоб змінити швидкість потоку газу через вузол концентратора (120), змінюючи, таким чином, характер турбулентного потоку газу через вузол концентратора (120), що може забезпечити краще перемішування в ньому рідини і газу і краще або повніше випарювання рідини. У цьому випадку, контролер (302) може керувати швидкістю насосів (182) і (184) разом з функціонуванням пластинки Вентурі (163) для забезпечення оптимальної концентрації стічних вод, що підлягають обробці. Отже, як видно, контролер (302) може координувати положення пластинки Вентурі (163) з роботою ковпака факела (134), положенням клапана зовнішнього повітря або пропускнуго клапана (306) і швидкістю витяжного вентилятора (190) для досягнення максимальної концентрації стічних вод (при турбулентному змішуванні) без їхнього повного висихання так, щоб запобігти утворенню сухого дисперсного матеріалу. У контролері (302) можуть використовуватися вхідні значення тиску від датчиків тиску для позиціонування пластинки Вентурі (163). Звичайно ж, пластинкою Вентурі (163) можна управляти вручну або автоматично.

Контролер (302) може також бути приєднаний до електродвигуна (312), що контролює роботу заслінки (198) у газовому рециркуляційному каналі рідинного газоочисника (122). Контролер (302) може дати команду електродвигуну (312) або іншого роду приводу перемістити заслінку (198) із закритого положення у відкрите або частково відкрите положення, ґрунтуючись, наприклад, на сигналах, отриманих від датчиків тиску (313) і (315), що містяться у вихідного і вхідного отвору для газу в рідинному газоочиснику (122), відповідно. Контролер (302) може керувати заслінкою (198) так, щоб спрямовувати газ із боку високого тиску вихлопної секції (124) (що міститься за витяжним вентилятором (190)) на вхід рідинного газоочисника для підтримки заданого мінімального перепаду тиску між двома датчиками тиску (313) і (315). Звичайно, заслінкою (198) можна керувати і вручну (замість або на доповнення до електроуправління).

Як видно, у концентраторі (110), представленою в цьому описі винаходу, у технологічному процесі безпосередньо використовуються гарячі скидні гази після їхньої ретельної обробки для відповідності стандартам викидів, і органічно розділяються експлуатаційні вимоги процесу, при

якому створюється викидне тепло, і процесу, у якому викидне тепло використовується у простий, надійний та ефективний спосіб.

Хоча концентратор рідини (110) був вище описаний як пов'язаний з факелом природного газу для використання скидного тепла, створюваного факелом природного газу, концентратор рідини (110) можна легко приєднати до будь-якого іншого джерела тепла. Наприклад, в іншому варіанті здійснення цього винаходу, концентратор (110) може приєднуватися до вихлопної труби двигуна внутрішнього згоряння і використовувати викидне тепло вихлопу двигуна для концентрування рідини. Хоча в іншому варіанті здійснення цього винаходу, двигун установки може працювати на газі від полігона для утилізації відходів для одержання електрики, концентратор (110) може приєднуватися так, щоб працювати на вихлопах двигуна будь-якого іншого типу, включаючи інші типи двигунів внутрішнього згоряння, такі як двигуни, що працюють на бензині, дизельному паливі, пропані, природному газі тощо.

Видалення забруднювачів зі стічних вод і/або газоподібних продуктів згоряння

Варіанти втілення концентраторів і процесів, описаних вище, можна легко модифікувати так, щоб вони давали змогу видалити забруднюючі речовини зі стічних вод, що піддаються концентруванню, і з вихлопних газів, використовуваних для концентрування стічних вод. Такі модифікації мають особливі переваги, якщо забруднюючі речовини, що підлягають видаленню, належать до викидів, як правило, регульованих державними органами.

Приклади таких забруднюючих речовин включають барій та інші небезпечні матеріали (наприклад, кальцій, залізо, магній, калій, натрій, стронцій, сульфати та ін.), розчинені у воді відпрацювання свердловин природного газу. Крім того, з води відпрацювання можуть видалитися речовини, що викликають обростання, такі як метали, що утворюють окалину. Нижче описані модифікації, які можна внести в описані вище варіанти виконання концентраторів і процесів, щоб забезпечити видалення барію або інших небезпечних матеріалів або металів, що утворюють окалину, однак цей опис не повинен обмежуватися видаленням лише зазначених забруднюючих речовин.

Наприклад, два способи видалення забруднюючих речовин зі стічних вод включають обробку до процесу концентрування і обробку після процесу концентрування. Зокрема, забруднюючі речовини можуть видалитися за рахунок введення в стічні води реактиву або стабілізуючої сполуки, що реагує хімічно або механічно із забруднюючою речовиною, до процесу концентрування стічних вод, або забруднюючі речовини можуть видалитися за рахунок змішування стабілізуючої сполуки з концентрованими стічними водами після процесу концентрування.

Спосіб обробки до концентрування полягає або в ізолюванні, або в стабілізації забруднюючих речовин. У випадку ізолювання забруднюючих речовин до процесу концентрування, реактив (наприклад, натрію сульфат) змішується зі стічними водами до процесу концентрування, і такий реактив хімічно взаємодіє із забруднюючою речовиною з утворенням нерозчинної сполуки (наприклад, барію сульфату), що осідає з розчину. Нерозчинна хімічна сполука може осідати з концентрованих стічних вод, наприклад, у відстійному баці (183) (Фіг. 1). Після того як нерозчинна хімічна сполука осідає з концентрованих стічних вод у відстійному баці, нерозчинну хімічну сполуку можна видалити, разом з іншими твердими речовинами, наприклад, через отвір для добування (215).

У випадку стабілізації до процесу концентрування, стабілізуюча сполука змішується зі стічними водами до процесу концентрування, і така стабілізуюча сполука взаємодіє хімічно або механічно із забруднюючою речовиною з утворенням безпечної або нерозчинної речовини. Наприклад, стабілізуюча сполука може замикає забруднюючу речовину в нерозчинну кристалічну матрицю. Отже, забруднююча речовина також стає нерозчинною. Після стабілізації, забруднюючу речовину та стабілізуючу сполуку можна видалити, наприклад, з відстійного бака (183), так само, як і у випадку ізолювання до процесу концентрування.

Стабілізація після процесу концентрування включає змішування стабілізуючої сполуки з концентрованими стічними водами у відстійному баці (183). Стабілізуюча сполука взаємодіє хімічно або механічно із забруднюючою речовиною з утворенням безпечної або нерозчинної речовини, аналогічно процесу стабілізації до концентрування. Стабілізовану забруднюючу речовину можна видалити, наприклад, з відстійного бака (183) і через отвір для добування (215).

Обидва описані вище способи видалення забруднюючих речовин до або після процесу концентрування можуть використовуватися для видалення високих рівнів розчиненого барію (наприклад, барію хлориду) з води відпрацювання свердловини. Барій є відомим небезпечним матеріалом, що часто є присутнім у розчиненому виді у воді відпрацювання свердловин природного газу. Вода відпрацювання свердловин природного газу в Марцелівському шарі

глинистих сланців (розташованим поблизу від північної частини Аппалачських гір) містить високі рівні розчиненого барію. Крім того, така вода відпрацювання свердловини містить дуже високі рівні загальних розчинених твердих речовин, у діапазоні приблизно 250000 мільйонних часток (м.ч.) або 25 % за вагою і вище. Відпрацьовану воду, що містить такі високі рівні розчинених

5 твердих речовин, дуже важко концентрувати традиційними методами. Однак таку воду можна обробляти концентратором, представленим у цьому описі винаходу. Розчинні сполуки барію, такі як присутні у воді відпрацювання свердловини, є дуже отруйними при потрапленні всередину організму. Тому сполуки барію часто регулюються органами влади штату і федеральних органів.

10 Як описано вище, два приклади способів видалення барію з води відпрацювання свердловини за допомогою концентратора, представленого в цьому описі винаходу, включають обробку до процесу концентрування та обробку після процесу концентрування. При ізолюванні барію до процесу концентрування, певні хімічні реактиви додають у воду відпрацювання свердловини перед тим, як вона надійде в концентратор, що приводить до хімічних реакцій з

15 іонами барію з утворенням нерозчинних сполук барію. При стабілізації до або після процесу концентрування, механічно або хімічно запобігають реакції сполук барію з іншими сполуками з утворенням небажаних сполук барію, таких як розчинні сполуки барію.

Ізолювання барію до процесу концентрування

20 Як обговорювалося вище, вода відпрацювання свердловин природного газу містить високі рівні розчинених сполук барію. Однією з таких сполук є барію хлорид. Спосіб видалення барію з води відпрацювання свердловини включає хімічну реакцію барію хлориду з іншою речовиною з утворенням відносно нерозчинної сполуки барію. Одним зі способів здійснення такої реакції є введення реактиву, що містить іон сульфату, у воду відпрацювання свердловини. Особливо

25 корисним реактивом є натрію сульфат. Інші придатні реактиви включають, серед іншого, алюмінію сульфат, амонію сульфат, магнію сульфат, калію сульфат і сірчану кислоту. Іон сульфату, що міститься в такому реактиві, взаємодіє з іоном барію з утворенням сульфату барію (BaSO_4). Сульфат барію має дуже низьку розчинність і швидко випадає в осад з розчину. Однією з переваг видалення барію до процесу концентрування шляхом осадження барію сульфату є те, що барію сульфат можна відносно недорого утилізувати, розмістивши його на

30 полігоні для відходів.

Барію сульфат не буде просочуватися з полігона назад у ґрунтові води через його вкрай низьку розчинність у воді навіть у присутності сильних кислот. Дійсно, незважаючи на токсичність барію для людей, барію сульфат використовується в медицині для діагностики певних захворювань травного тракту завдяки тому, що барію сульфат проявляється на рентгенограмах і барію сульфат не розчиняється навіть у присутності кислоти шлункового соку. Отже, барію сульфат без шкоди проходить травним трактом. Така низька розчинність барію сульфату приводить до того, що тверді відходи, що містять барію сульфат, проходять визначення характеристик токсичності за допомогою вилугування, установлене Агентством з охорони навколишнього середовища (EPA). Агентство з охорони навколишнього середовища

40 вимагає, щоб певні відходи проходили визначення характеристик токсичності за допомогою вилугування перед тим, як вони одержать дозвіл на утилізацію на полігоні для відходів. Барій є одним з таких відходів, які повинні проходити визначення характеристик токсичності за допомогою вилугування. Визначення характеристик токсичності за допомогою вилугування є одним з методів випробувань, установлених Федеральним агентством з охорони навколишнього середовища, які використовуються для виключення токсичних речовин, що просочуються з полігонів для відходів. Визначення характеристик токсичності за допомогою вилугування описано в публікації SW-846 Агентства з охорони навколишнього середовища під заголовком: «Методи оцінки твердих відходів; фізико-хімічні методи», включений в цей опис винаходу за допомогою посилання. Якщо речовина проходить випробування на визначення

50 характеристик токсичності за допомогою вилугування, така речовина класифікується як безпечна і її можна утилізувати на полігоні для відходів. Іншим випробуванням, затвердженим Агентством з охорони навколишнього середовища для виключення потрапляння потенційно небезпечних речовин на полігони для відходів, служить випробування фільтра фарби.

Звертаючись знову до Фіг. 1 і 2, видно, що для реалізації одного з описаних вище способів видалення барію, секція концентратора (120) може містити отвір для введення реактиву (187), з'єднаного з пристроєм подачі реактиву в бак (193) (наприклад, натрію сульфату, сірчаної

60 кислоти, алюмінію сульфату, амонію сульфату, магнію сульфату або калію сульфату тощо) по каналу подачі реактиву (189). Насос для реактиву (191) може накачувати реактив у канал подачі реактиву (189) з бака (193) так, щоб реактив попадав у секцію концентратора (120) (наприклад, до або поруч із трубкою Вентурі (162)) і змішувався з вихлопним газом від факела (130) або

генератора і водою відпрацювання свердловини, що надходить через вхідний отвір (160). Насос для реактиву (191) може бути функціонально пов'язаний з контролером (302) (Фіг. 3), і контролер (302) може керувати роботою насоса для реактиву (191) так, щоб вимірювалася кількість реактиву з урахуванням швидкості потоку газу і води відпрацювання свердловини для забезпечення належного співвідношення компонентів суміші. При змішуванні з водою відпрацювання свердловини в секції концентратора (120) реактив взаємодіє з розчиненими іонами барію з утворенням барію сульфату, що швидко випадає в осад з розчину у вигляді твердої речовини. Завдяки тому, що концентратор (110) може працювати з розчинами/суспензіями, що містять дуже високі рівні твердих речовин, осад барію сульфату залишається у зваженому стані та остаточно осідає у відстійному баці (183) разом з іншими твердими матеріалами, що входять до складу концентрованої води відпрацювання свердловини. Тверді і рідкі компоненти концентрованої води відпрацювання свердловини відокремлюють одне від одного у відстійному баці (183). Якщо тверді компоненти, які можуть містити приблизно до 20 % рідини, вимагають подальшого розділення, певну частину твердих компонентів можна видалити з відстійного бака (183) по каналу (221) і спрямувати на наступний пристрій розділення, такий як ротаційний стрічковий вакуумний фільтр (223). Рідина з ротаційного стрічкового вакуумного фільтра (223) може повертатися в концентратор по каналу (225) у відстійник (172) краплевловлювача (122). Тверді речовини можна видалити з ротаційного стрічкового вакуумного фільтра (223) через випускний канал (227) для утилізації, наприклад, на полігоні для відходів. В якості альтернативи, тверді речовини, вилучені з ротаційного стрічкового вакуумного фільтра (223), можна очищати і продавати, наприклад, видобувним компаніям як бурильний розчин.

В якості альтернативи, процес видалення забруднюючих речовин до концентрування може включати змішування реактиву з водою відпрацювання свердловини перед впускним отвором для води відпрацювання свердловини (160), наприклад, у баці для послідовного змішування та осадження (201) (див. Фіг. 4). У такому випадку, реактив може подаватися до бака для послідовного змішування та осадження (201) з бака з реактивом (203) по каналу подачі реактиву (195). Насос подачі реактиву (205) може подавати реактив під тиском у бак послідовного змішування та осадження (201). Насос для подачі реактиву (205) може бути функціонально пов'язаний з контролером (302) (див. Фіг. 3), і контролер (302) може керувати роботою насоса для подачі реактиву (205) так, щоб вимірювалася кількість реактиву з урахуванням швидкості потоку газу і води відпрацювання свердловини для забезпечення належного співвідношення компонентів суміші. Барій випадає в осад з розчину у вигляді барію сульфату, як описано вище, і може видалятися з бака послідовного змішування та осадження (201) по каналу (207) перед потраплянням у концентратор. Тверда фаза може включати приблизно до 20 % рідини і може надалі розділятися в пристрої розділення твердої і рідкої фази, такому як ротаційний стрічковий вакуумний фільтр (231), або іншому пристрої розділення. Після чого, барію сульфат можна видалити за допомогою каналу (233) і піддати подальшій обробці та очищенню і продавати, наприклад, бурильним компаніям для використання в бурових розчинах.

Оскільки реактив, що вводиться для реакції з розчиненими іонами барію, може також реагувати з іншими сполуками, розчиненими у воді відпрацювання свердловини, такими як кальцій, можуть знадобитися більші кількості реактиву, ніж кількості, достатні для реакції тільки з іонами барію. Наприклад, у деяких випадках, може знадобитися змішування з водою відпрацювання свердловини приблизно від 150 % до 600 % від кількості реактиву, необхідного для реакції з барієм, що міститься в такій воді. Краще - від 200% до 500 %, ще краще - приблизно 400 % від кількості реактиву, необхідного для реакції з барієм. При використанні надлишку реактиву, практично весь розчинений барій випаде в осад з води відпрацювання свердловини. Деякі інші розчинені матеріали, присутні у воді відпрацювання свердловини, які можуть реагувати із сульфатом, включають кальцій, магній і стронцій. У деяких випадках, продукт реакції реактиву з такими додатковими металами може бути придатним для продажу. Отже, такі додаткові продукти також можуть видалятися за допомогою каналу (233) для подальшої переробки. В якості альтернативи, такі додаткові продукти можуть просто подаватися в концентратор з водою відпрацювання свердловини, тому що концентратор може працювати з більшою кількістю зважених твердих часток, як уже було зазначено вище.

Стабілізація до або після процесу концентрування

Іншим способом видалити іони барію з води відпрацювання свердловини служить хімічна або механічна стабілізація барію або до, або після процесу концентрування води відпрацювання свердловини. Якщо барій не був оброблений до процесу концентрування, розчинені іони барію можуть реагувати з іншими хімікатами у воді відпрацювання свердловини з

утворенням сполук, що осідають з розчину, коли їхня концентрація досягне рівня насичення. Деякі з таких з'єднань барію розчинні у воді і повинні бути стабілізовані перед їхнім видаленням із системи для концентрування. Такі сполуки барію можуть бути стабілізовані, наприклад, у відстійному баці (183). Сполуки барію можна стабілізувати механічно або хімічно. При механічній стабілізації сполуки барію вводяться в скляну або іншу кристалічну структуру так, що вони не можуть вступати в реакцію з іншими матеріалами і не можуть переходити в розчин. При хімічній стабілізації, у відстійний бак подається реактив, що реагує зі сполуками барію з утворенням нерозчинних з'єднань. У кожному з цих випадків стабілізуюча речовина може накачуватися у відстійний бак (183) з бака (211) (див. Фіг. 2), наприклад, по трубопроводу (213). Стабілізовані сполуки можна видалити з відстійного бака (183) через отвір (215). У такому випадку, стабілізовані сполуки барію є нерозчинними і не будуть просочуватися в присутності сильних кислот. У результаті, стабілізовані сполуки барію пройдуть випробування щодо визначення характеристик токсичності за допомогою вилуговування.

В якості альтернативи, стабілізуючий реактив можна додавати до води відпрацювання свердловини до того, як вода відпрацювання свердловини потрапить у концентратор (110) через вхідний отвір для стічної води (160), за допомогою, наприклад, концентратора, представленого на Фіг. 4, шляхом закачування стабілізуючого засобу з бака (203) у бак для змішування та осадження (201). У такому випадку, стабілізуючий засіб може запобігти певним хімічним реакціям барію, які могли б привести до утворення розчинних сполук барію. Стабілізуючий реактив можна також вводити в концентратор (110) окремо від стічної води за допомогою, наприклад, концентратора, представленого на Фіг. 1, закачуванням стабілізуючого засобу з бака (197) (Фіг. 4) через отвір (199) так, щоб стабілізуючий засіб і стічна вода змішувалися в секції концентрування (120) концентратора (110). У таких випадках, нерозчинні тверді речовини, що утворюються в реакції між барієм і стабілізуючим засобом, зрештою осідають у відстійному баці (183), у якому нерозчинні сполуки барію можуть далі оброблятися так, як описано вище.

Приклади результатів випробувань

У наступних параграфах описуються результати фактичних випробувань одного з варіантів втілення описаного концентратора, використовуваного для концентрування зразків води відпрацювання свердловини, що містить розчинений барій. Ці результати випробувань наведені лише як приклади і не повинні жодним чином обмежувати представлений концентратор або його функціонування.

У першому випробуванні описаний концентратор використовувався для концентрування води відпрацювання свердловини природного газу, розташованої в Пенсільванії. Характеристики води відпрацювання свердловини представлені нижче в Таблиці 1.

Таблиця 1

pH		4,85
Електропровідність	МОм/мм	
Залишок, що фільтрується	мг/л	260000
Тверді речовини	мг/л	790
Розчинені тверді речовини	мг/л	259210
Лужність (по CaCO ₃)		
Бікарбонат	мг/л	Не виявляється
Карбонат	мг/л	Не виявляється
Гідроксид	мг/л	Не виявляється
Загальна	мг/л	Не виявляється
Аміак у вигляді N	мг/л	
Загальний азот по Кьельдалю	мг/л	
БОД (5 днів)	мг/л	150
КОД	мг/л	20000
Загальний вміст органічного вуглецю	мг/л	1250
Аніони		
Хлорид	мг/л	160000
Фторид	мг/л	0,22
Азот нітрату	мг/л	
Загальні ортофосфати в перерахуванні на P	мг/л	
Загальний фосфор	мг/л	
Сульфати	мг/л	Не визначаються
Сульфід	мг/л	
Метали (SW1311)		
Алюміній	мг/л	
Сурма	мг/л	
Миш'як	мг/л	0,022
Барій	мг/л	7700
Берилій	мг/л	
Бор	мг/л	
Кадмій	мг/л	0,0094
Кальцій	мг/л	
Церій	мг/л	
Хром	мг/л	0,036
Кобальт	мг/л	
Мідь	мг/л	
Залізо	мг/л	
Свинець	мг/л	0,025
Магній	мг/л	
Марганець	мг/л	
Молібден	мг/л	
Нікель	мг/л	
Калій	мг/л	
Ртуть	мг/л	Не визначається
Радій	мг/л	
Селенів	мг/л	0,34
Кремній	мг/л	
Срібло	мг/л	Не визначається
Натрій	мг/л	
Стронцій	мг/л	6400
Талій	мг/л	
Олово	мг/л	
Титан	мг/л	
Вольфрам	мг/л	
Ванадій	мг/л	
Цинк	мг/л	
Цирконій	мг/л	

Як представлено в Таблиці 1, зразок води відпрацювання свердловини містив приблизно

260000 мг/л загальних твердих речовин (див рядок 3 Таблиці 1). Після обробки, густа суспензія, видобута з бака для гравітаційного осадження, містила більше 800000 мг/л загальних твердих речовин Надосадова рідина з бака для гравітаційного осадження була подана на рециркуляцію в концентратор так, як описано вище У концентраторі не спостерігався вплив утворення
5 окалини або будь-якого засмічення Випробування газів, що виходять із вихлопної труби, показали, що газоподібні викиди залишаються в межах, дозволених місцевими регуляторними органами влади Інакше кажучи, описаний концентратор значно не змінює хімічний склад газоподібних викидів з існуючих вихлопних труб Результати цього першого випробування показали, що концентратор підтвердив можливість його використання для обробки рідин з
10 винятково високим вмістом твердих речовин

Зі зразками стічної води, представленої в Таблиці 1, були проведені ще кілька випробувань Результати двох випробувань представлені нижче в Таблиці 2, (Випробування 2А и Випробування 2В). Для Випробування 2А, стічна вода спочатку оброблялася приблизно 45 г/л Na_2SO_4 Під час Випробування 2А, значення рН стічної води змінювалося від приблизно 1 до
15 приблизно 4 У випробуванні 2В, стічна вода оброблялася приблизно 22,5 г/л Na_2SO_4 (або приблизно вдвічі меншою кількістю Na_2SO_4 , ніж у випробуванні 2А), і значення рН стічної води змінювалося від приблизно 1 до приблизно 4 Результати Випробувань 2А и 2В представлені нижче в Таблиці 2

Таблиця 2

		Подавана вода	Випробування 2А				Випробування 2В			
Na ₂ SO ₄	г/л		45	45	45	Середн.	22,5	22,5	22,5	Середн.
Цільове рН		5,08	1-2	2-3	3-4		1-2	2-3	3-4	
Барій	мг/л	11000	0.50	0.36	160	54	2100	3900	4200	3400
Кальцій	мг/л	20000	14000	14000	13000	13667	17000	16000	16000	16333
Залізо	мг/л	120	50	25	16	30	55	19	15	30
Магній	мг/л	1400	1300	1400	1300	1333	1400	1300	1400	1367
Калій	мг/л	290	230	230	210	223	240	240	230	237
Натрій	мг/л	46000	57000	57000	54000	56000	55000	53000	52000	53333
Стронцій	мг/л	5400	1200	1300	1200	1233	3400	3500	3500	3467
Сульфат	мг/л		2900	3300	3400	3200	110	0.00	0.00	37
% видалення										
Барій			100%	100%	99%	100%	81%	65%	62%	69%
Кальцій			30%	30%	35%	32%	15%	20%	20%	18%
Залізо			58%	79%	87%	75%	54%	84%	88%	75%
Магній			7%	0%	7%	5%	0%	7%	0%	2%
Калій			21%	21%	28%	23%	17%	17%	21%	18%
Натрій			-24%	-24%	-17%	-22%	-20%	-15%	-13%	-16%
Стронцій			78%	76%	78%	77%	37%	35%	35%	36%
Сульфат										
Вихідне значення рН			4,88	4,87	4,88	4,88	4,88	4,89	4,85	4,87
Додана 1N H ₂ SO ₄ (мол)			0,9	0,2	0,05	0,38	0,9	0,12	0,05	0,36
рН після додавання кислоти			1,51	2,1	3,39	2,33	1,5	2,36	3,23	2,36
рН після додавання натрію сульфату*			1,69	2,32	3,59	2,53	1,56	2,48	3,33	2,46
Кількість доданого натрію сульфату (г/100 мол)			4,5	4,5	4,5	4,50	2,25	2,25	2,25	2,25
Кількість доданої кислоти	мг		44	10	2	19	44	6	2	17
Кільк. SO ₄ в H ₂ SO ₄	мг		43	10	2	18	43	6	2	17
Кільк. SO ₄ в Na ₂ SO ₄	мг		3042	3042	3042	3042	1521	1521	1521	1521
Загальна кільк. доданого SO ₄	мг		3085	3052	3045	3061	1564	1527	1524	1538
Кільк. SO ₄ , необхідна для перетворення вилученого Ba у BaSO ₄	мг		771	771	760	767	624	498	476	533
Кільк. SO ₄ , необхідна для перетворення вилученого Ba у BaSO ₄	% від додан. SO ₄		25%	25%	25%	25%	40%	33%	31%	35%
Кільк. SO ₄ , необхідна для перетворення вилученого Sr в SrSO ₄	мг		460	449	460	457	219	208	208	212
Кільк. SO ₄ , необхідна для перетворення вилученого Sr в SrSO ₄	% від додан. SO ₄		15%	15%	15%	15%	14%	14%	14%	14%
Кільк. SO ₄ , необхідна для перетворення вилученого Ca в CaSO ₄	мг		1440	1440	1680	1520	720	960	960	880
Кільк. SO ₄ , необхідна для перетворення вилученого Ca в CaSO ₄	% від додан. SO ₄		47%	47%	55%	50%	46%	63%	63%	57%
Сульфат у видаленому Ba, Sr, Ca	% від додан. SO ₄		87%	87%	95%	90%	100%	109%	108%	106%
Сульфат у фільтраті	мг		290	330	340	320	11	0	0	4
Сульфат у фільтраті	% від додан. SO ₄		9%	11%	11%	10%	1%	0%	0%	0%
Сульфат у видаленому фільтраті Ba, Sr, Ca	% спожитого		97%	98%	106%	101%	103%	110%	108%	107%

Як показано в Таблиці 2, подавана стічна вода містила приблизно 11000 мг/л барію (див. рядок 5 Таблиці 2). Майже весь барій був осаджений з розчину при додаванні натрію сульфату у Випробуванні 2А. Зокрема, при рН від 1 до 2, тільки 0,5 мг/л барію залишилося в розчині, при рН від 2 до 3 - тільки 0,36 мг/л барію залишилося в розчині, і при рН від 3 до 4 - тільки 160 мг/л барію залишилося в розчині (див. рядок 5 Таблиці 2). Зі стічною водою була змішана приблизно в 4 рази більше, ніж теоретично необхідна, кількість натрію сульфату, тому що сульфат реагує також з іншими хімічними сполуками, присутніми у стічній воді. Надлишок натрію сульфату гарантує, що практично весь барій буде осаджений з розчину, особливо, при низьких рівнях рН.

В іншому випробуванні, один з варіантів втілення описаного концентратора використовувався для концентрування стічної води з відомого джерела стічної води, що погано піддається обробці. Характеристики стічної води, що погано піддається обробці, представлені в Таблиці 3.

Таблиця 3

Аналізована речовина	Результати	Установлена межа	Одиниці
Хлорид	140000	1,0	мг/л
Азот, амоній (у перерахуванні на N)	150	2,0	мг/л
pH	5,38	0,0200	Од. pH
Питома електропровідність	195000	2,00	Мом/см
Щільність	1,15	0,0100	T/4 °C
Сульфат	Не визначається	100	мкг/л
2-фторбіфеніл	38	10-67,1	мкг/л
2-фторфенол	27,1	17,3-110	мкг/л
Аценафтен	1,5	0,50	мкг/л
Флуорантен	0,95	0,50	мкг/л
Флуорен	1,4	0,50	мкг/л
Нафталін	5,7	0,50	мкг/л
Нітробензол-d5	48,6	10-115	мкг/л
Фенантрет	3,7	0,50	мкг/л
Фенол-d5	27,9	10-50,9	мкг/л
Терфеніл-d14	12,4	10,1- 131	мкг/л
Загальна кількість розчинених твердих речовин (залишок, що фільтрується)	230000	20	мг/л
Ртуть	Не визначається	0,00020	мг/л
Алюміній	7,0	0,20	мг/л
Сурма	Не визначається	0,020	мг/л
Миш'як	Не визначається	0,010	мг/л
Барій	11000	2,0	мг/л
Берилій	0,0088	0,0010	мг/л
Бор	5,3	0,020	мг/л
Кадмій	0,0055	0,0020	мг/л
Кальцій	18000	500	мг/л
Хром	0,039	0,0030	мг/л
Кобальт	1,3	0,0030	мг/л
Мідь	0,064	0,010	мг/л
Залізо	140	50	мг/л
Свинець	0,15	0,0075	мг/л
Літій	220	100	мг/л
Магній	1300	500	мг/л
Марганець	5,1	2,0	мг/л
Молібден	Не визначається	0,020	мг/л
Нікель	Не визначається	0,010	мг/л
Фосфор	3,4	0,10	мг/л
Калій	340	0,50	мг/л
Селен	0,28	0,030	мг/л
Кремній	17	0,30	мг/л
Срібло	Не визначається	0,010	мг/л
Натрій	40000	500	мг/л
Талій	Не визначається	0,050	мг/л
Олово	Не визначається	0,020	мг/л
Ванадій	14	8,0	мг/л
Цинк	0,12	0,020	мг/л
Загальний фосфор (P)	14	2,0	мг/л
Сульфід	Не визначається	0,050	мг/л
Загальна кількість зважених твердих речовин	1000	1,0	мг/л
Мутність	850	5,0	НЕМ
1,2-діхлоретан- d4	107	132	мкг/л
2-бутанон	45	10	мкг/л
4-бромфторбензол	91	80-120	мкг/л
Ацетон	110	50	мкг/л
Дібромфторметан	103	80-120	мкг/л
Етилбензол	15	5,0	мкг/л
м,п-ксилол	69	5,0	мкг/л
о-ксилол	77	5,0	мкг/л
Толуол- d8	99	80-120	мкг/л
Загальний вміст ксилолів	150	5,0	мкг/л

5 Стічна вода оброблялася до нульових рідких викидів, і отримані в процесі обробки тверді речовини пройшли випробування фільтром фарби, і визначення характеристик токсичності за допомогою вилуговування. Результати цього випробування для кількох зразків представлені нижче в Таблиці 4 (наприклад, для зразків з ID 01-09).

Таблиця 4

	Номер зразка	01	02	03	04 й 05	06	08 й 09	Процедура випробування
		Фільтрат перед обробкою (подавана вода+210 фунтів сульфату)	Фільтрат перед обробкою після додавання кислоти	Фільтрат перед обробкою після додавання 210 фунтів сульфату натрію	Тверді речовини перед обробкою після додавання всієї кислоти - сульфат	Залишковий фільтрат	Залишкові тверді речовини	
	Одиниці	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л	
pH	pH	5,84	< 0,160	< 0,050		< 0,020		SW-846 9045C
Сульфат, колориметричний	Сульфат	100	180	860		410		SW-846 9038
Загальний вміст металів методом ІСП-спектрометрії	Барій	3400	6,3	13	46	89	220	SW-846 6010B
Загальний вміст металів методом ІСП	Кальцій	23000	23000	18000	25000	39000	13000	SW-846 6010B
Загальний вміст металів методом ІСП	Залізо	2,7	72	98	170	230	87	SW-846 6010B
Загальний вміст металів методом ІСП	Магній	2200	2100	2100	800	4700	1200	SW-846 6010B
Загальний вміст металів методом ІСП	Калій	440	410	380	ND	950	330	SW-846 6010B
Загальний вміст металів методом ІСП	Натрій	55000	55000	59000	110000	39000	230000	SW-846 6010B
Загальний вміст металів методом ІСП	Стронцій	5200	2300	730	1600	1300	6700	SW-846 6010B

У цьому випробуванні також як реактив для попередньої обробки використовувався натрію сульфат. Концентровану стічну воду відправляли в бак гравітаційного осадження. Тверді речовини діставали з бака гравітаційного осадження і потім розділяли за допомогою вакуумного стрічкового фільтра. Цей процес давав змогу одержати нульовий ступінь рідких викидів з концентратора. Вся надосадова рідина надходила на рециркуляцію через концентратор, як було описано вище. Отримані в результаті обробки тверді речовини пройшли випробування фільтром фарби і визначення характеристик токсичності за допомогою вилуговування. У Таблиці 4 представлені характеристики вмісту твердих речовин до і після концентрування. Як показано вище, рівні барію не знизилися до нуля в цьому випробуванні. Однак, чинні правила допускають до 100 мг/л барію, що детектується, отже, отримані тверді речовини пройшли тест на визначення характеристик токсичності за допомогою вилуговування.

При рівні барію в подаваній на обробку стічній воді (до концентрування) 46 мг/л (див. рядок 6 Таблиці 4), тверді речовини, осаджені з подаваної стічної води, пройшли визначення характеристик токсичності за допомогою вилуговування і виявили рівень барію нижче того, що детектується. Коли попередньо оброблену стічну воду пропустили через концентратор, і тверді речовини видалили з вакуумного стрічкового фільтра, рідка фаза, з якої були видалені такі тверді речовини, містила 220 мг/л барію (див. рядок 6 Таблиці 4), а зібрані тверді речовини пройшли випробування фільтром фарби і визначення характеристик токсичності за допомогою вилуговування і виявили рівень барію нижче того, що детектується.

Хоча для ілюстрування винаходу були представлені певні варіанти здійснення цього винаходу, фахівцям у даній області буде видно, що в способи і в обладнання, представлені в цьому описі винаходу, можна внести різні зміни, не відхиляючись від змісту винаходу. Наприклад, описаний концентратор може використовуватися для видалення інших забруднюючих речовин, а не тільки барію, зі стічних вод. Зокрема, інші забруднюючі речовини

можна видалити зі стічних вод, ввівши реактив з бака для реактиву або в стічні води до моменту введення стічних вод у трубку Вентурі, або в трубку Вентурі одночасно зі стічними водами. Крім того, інші забруднюючі речовини можуть бути хімічно або механічно стабілізовані або введенням реактиву або стабілізуючої речовини в стічні води до моменту введення стічних вод у трубку Вентурі, або введенням реактиву або стабілізуючої речовини у відстійний бак.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб видалення забруднюючих речовин з води відпрацювання свердловини природного газу, у якому використовується концентратор стічних вод, що включає отвір введення газу, отвір випуску газу і секцію концентрування між отвором введення газу та отвором випуску газу, та має частину, що звукується, причому такий спосіб включає:
змішування реактиву з водою відпрацювання свердловини природного газу, реакцію реактиву з хімічними сполуками, розчинними у воді відпрацювання свердловини, з утворенням нерозчинної хімічної сполуки;
об'єднання газу і води відпрацювання свердловини в секції концентрування з утворенням суміші газу із захопленою водою відпрацювання свердловини, що містить нерозчинну хімічну сполуку;
подачу суміші газу із захопленою водою відпрацювання свердловини в краплевловлювач, у якому принаймні частина захопленої води відпрацювання свердловини видалається з газу і збирається у відстійнику краплевловлювача;
видалення частини води відпрацювання свердловини у відстійник краплевловлювача і подачу частини води відпрацювання свердловини у відстійний бак, у якому завислі тверді речовини і нерозчинні хімічні сполуки відокремлюються від рідкої фази води відпрацювання свердловини;
видалення відділених твердих речовин з бака осадження і повернення відділеної рідкої фази у відстійник краплевловлювача.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що реактивом є натрію сульфат.

3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що розчинною хімічною речовиною є барію хлорид.

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що іон сульфату з натрію сульфату вступає в реакцію з іоном барію з барію хлориду з утворенням барію сульфату, що має дуже низьку розчинність.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що реактив міститься в баку для реактиву, з'єднаному з вхідним отвором для води відпрацювання свердловини, через який така вода подається в секцію концентрування.

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що реактив міститься в баку для реактиву, з'єднаному з секцією концентрування до звуженої частини.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що відділені тверді речовини, вилучені з бака осадження, відправляються в систему вакуумного стрічкового фільтра для подальшого розділення твердої і рідкої фаз.

8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що нерозчинна хімічна речовина очищається після видалення з бака для осадження.

9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що очищена нерозчинна хімічна сполука продається для використання як буровий розчин.

10. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що насос подає реактив у секцію концентрування в кількості, яка становить приблизно від 150 % до приблизно 600 % від кількості реактиву, що знадобилося б для повної реакції з усією розчинною хімічною сполукою.

11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що насос подає реактив у кількості, що становить приблизно від 200 % до 500 % від кількості реактиву, що знадобилося б для повної реакції з усією розчинною хімічною сполукою.

12. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, насос подає реактив у кількості, що становить приблизно 400 % від кількості реактиву, що знадобилося б для повної реакції з усією розчинною хімічною сполукою.

13. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що стічні води містять більше ніж 250000 м. ч. розчинених твердих речовин.

14. Система концентрування і видалення забруднень із води відпрацювання свердловини природного газу, що включає:
отвір введення газу;
отвір випуску газу;
секцію концентрування між отвором введення газу та отвором випуску газу, що має частину, що звукується, у якій потік газу в межах секції концентрування прискорюється;
отвір введення рідини, через який вода відпрацювання свердловини подається в секцію концентрування, розташований в секції концентрування до звуженої частини;

краплевловлювач, розташований за звуженою частиною, що видаляє захоплені крапельки рідини з потоку газу; і

бак з реактивом, у якому міститься реактив, що вводиться у стічну воду, причому бак з'єднаний з секцією концентрування для введення реактиву в секцію концентрування.

5 15. Система за п. 14, яка **відрізняється** тим, що містить насос для реактиву, приєднаний до бака з реактивом.

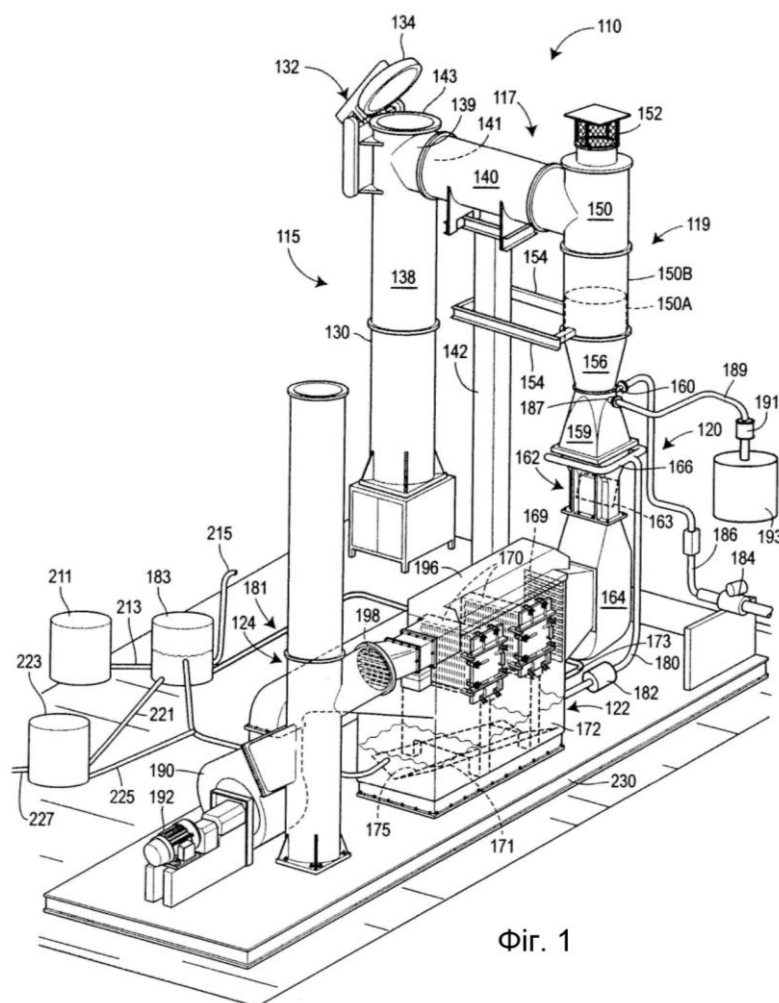
16. Система за п. 15, яка **відрізняється** тим, що бак для реактиву з'єднаний з отвором для подачі рідини.

10 17. Система за п. 15, яка **відрізняється** тим, що бак для реактиву з'єднаний з секцією концентрування до звуженої частини.

18. Система за п. 15, яка **відрізняється** тим, що захоплені крапельки рідини, що видаляються краплевловлювачем, збираються у відстійнику.

19. Система за п. 18, яка **відрізняється** тим, що відстійник з'єднаний з баком осадження і рідка і тверда фаза захоплених крапельок рідини розділяються в баці осадження.

15 20. Система за п. 19, яка **відрізняється** тим, що бак осадження з'єднаний з відстійником за допомогою каналу повернення, по якому рідка фаза зібраних крапельок рідини повертається у відстійник.



Фіг. 1

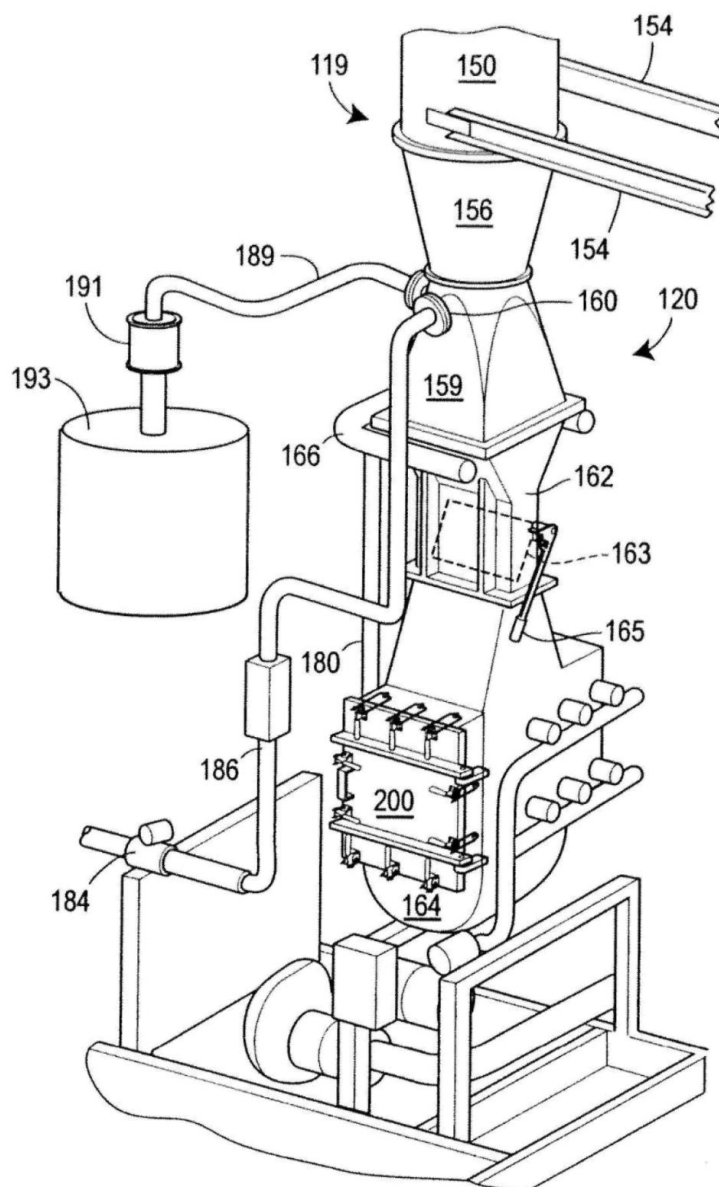


Fig. 2

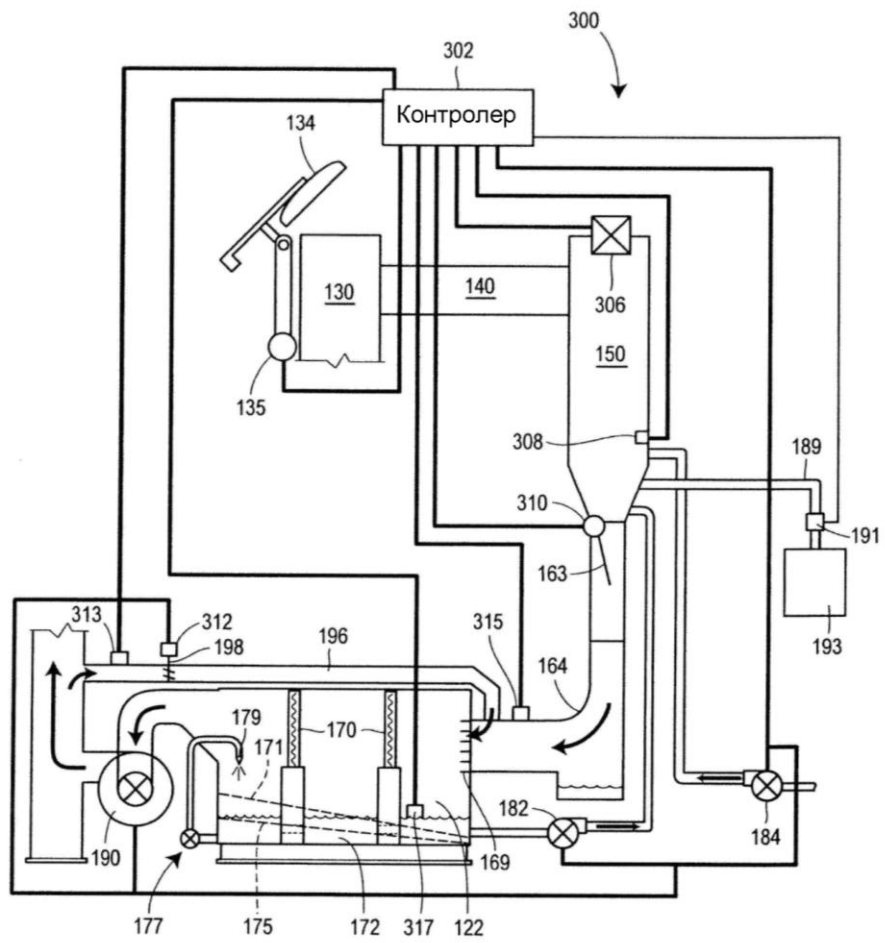
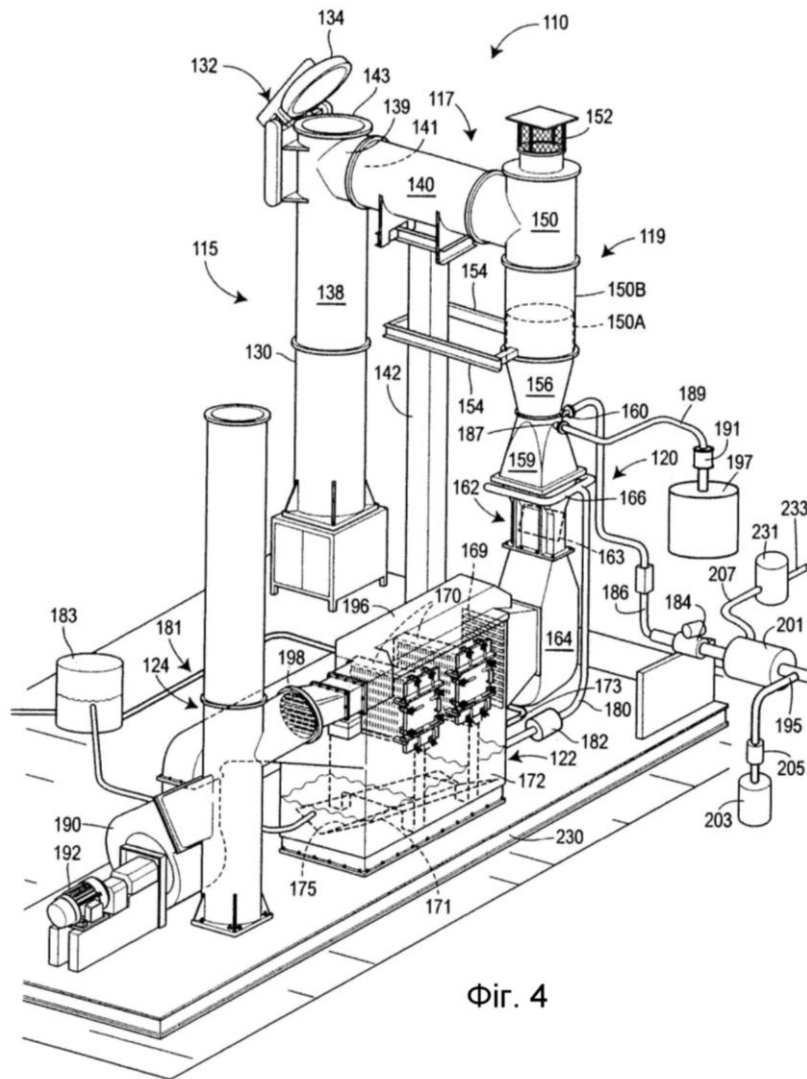


Fig. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка С. Чулій

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601