

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



(10) Номер международной публикации
WO 2017/065647 A1

(43) Дата международной публикации
20 апреля 2017 (20.04.2017)

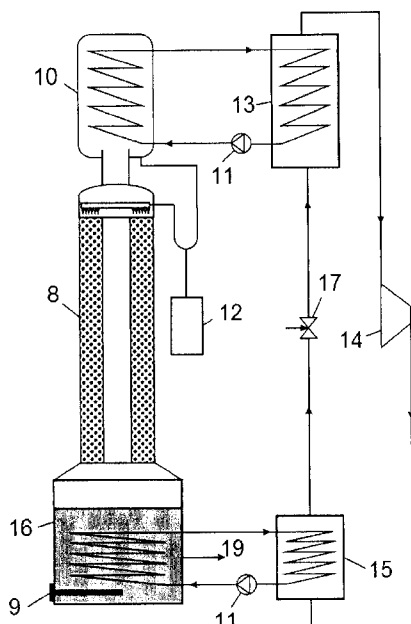
WIPO | PCT

- (51) Международная патентная классификация:
B01D 3/16 (2006.01) C02F 1/00 (2006.01)
C01B 5/00 (2006.01) B01D 59/00 (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/RU2016/000696
- (22) Дата международной подачи:
12 октября 2016 (12.10.2016)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:
2015143707 13 октября 2015 (13.10.2015) RU
- (71) Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "МТК АЙСБЕРГ" (OB-
SHESTVO S OGRANICHENNOJ OTVETSTVEN-
NOSTYU "MTK AJSBERG") [RU/RU];
Волоколамское шоссе, 88, этаж 1, пом.28, 29 Москва,
125424, Moscow (RU).
- (72) Изобретатели: СЕЛИВАНЕНКО, Игорь Львович
(SELIVANENKO, Igor Lvovich); ул. 3. и А.
Космодемьянских, 22, корп. 1, кв. 62 Москва, 125130,
Moscow (RU). ТИМАКОВ, Александр Алексеевич
(TIMAKOV, Aleksandr Alekseevich); ул. Куусинена, 4,
корп. 2, кв. 9, Москва, 123308, Moscow (RU).
- (74) Агент: ЛЕОНОВ, Александр Владимирович (LE-
ONOV, Aleksandr Vladimirovich); Закрытое
Акционерное Общество "АЙ ПИ ПРО", ул. Большая
Дорогомилловская, 14, офис 96, Москва, 121059, Mo-
scow (RU).
- (81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

[продолжение на следующей странице]

(54) Title: DEVICE FOR PRODUCING WATER HAVING REDUCED HEAVY MOLECULE CONTENT

(54) Название изобретения : УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ТЯЖЕЛЫХ МОЛЕКУЛ



Фиг. 4

(57) Abstract: The device is intended for producing a light, ultra-pure water having an increased light molecule 1H 2 16O fraction content therein. The technical results are an increase in the productivity of the device and a reduction in the energy expenditure per unit of finished product. The device is provided with a heat pump; a fractionating column consists of two coaxial pipes having a diameter D1 and D2, with a layer of random packing arranged in the gap therebetween, wherein $(D1-D2)/2 < 300$ mm; and a fluid distributor at the top of the column has at least 800 pour points per square metre of the surface of the cross-section of the packed portion of the column.

(57) Реферат: Устройство предназначено для получения легкой, особо чистой воды с повышенным содержанием в ней доли легких молекул 1H 2 16O. Техническими результатами являются повышение производительности устройства и снижение энергетических затрат на единицу готового продукта. Устройство снабжено тепловым насосом, ректификационная колонна состоит из двух коаксиальных труб диаметром D1 и D2 со слоем насыпной насадки, расположенным в зазоре между ними, при этом $(D1-D2)/2 < 300$ мм, а распределитель жидкости вверху колонны имеет не менее 800 точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны.



WO 2017/065647 A1

OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Декларации в соответствии с правилом 4.17:

— об авторстве изобретения (правило 4.17 (iv))

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

— до истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений (правило 48.2(h))

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ
С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ТЯЖЕЛЫХ МОЛЕКУЛ.**

5

Область техники.

Изобретение относится к ректификационному устройству для очистки воды от примесей в виде молекул воды, содержащих в своем составе тяжелые изотопы водорода и кислорода, а более конкретно - к устройству для получения легкой, особо чистой воды с повышенным содержанием в ней доли легких молекул $^1\text{H}_2$ ^{16}O . Изобретение может быть использовано в пищевой промышленности, медицине, сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве, в производстве косметических и парфюмерных средств.

15

Предшествующий уровень техники.

Качество и чистота воды, используемой в различных областях промышленности, вносят существенный вклад в качество конечного продукта и влияют на технологические характеристики процесса производства. Качество и безопасность

20

пищевых продуктов и напитков, в том числе питьевой воды, определяют качество жизни и здоровья человека. Молекула воды (H_2O) состоит из двух химических элементов - водорода H и кислорода O. В свою очередь, каждый элемент представляет собой совокупность нескольких изотопов [1]. Стабильные изотопы водорода и стабильные изотопы кислорода образуют 9 изотопных разновидностей молекул воды, а именно: $^1H_2\ ^{16}O$, $^1H_2\ ^{17}O$, $^1H_2\ ^{18}O$, $^1HD\ ^{16}O$, $^1HD\ ^{17}O$, $^1HD\ ^{18}O$, $D_2\ ^{16}O$, $D_2\ ^{17}O$, $D_2\ ^{18}O$. В количественном отношении основная масса воды природных источников представлена молекулами $^1H_2\ ^{16}O$, состоящими из легких изотопов 1H и ^{16}O . Количество молекул воды, содержащих тяжелые изотопы: D, ^{17}O , ^{18}O , зависит от концентрации указанных изотопов, которая в природной воде колеблется в пределах, зафиксированных в основных стандартах изотопного состава гидросферы VSMOW и SLAP [2]. В природной воде весовая концентрация молекул $^1H_2\ ^{17}O$, $^1H_2\ ^{18}O$, $^1HD\ ^{16}O$, $^1HD\ ^{17}O$, $^1HD\ ^{18}O$, $D_2\ ^{16}O$, $D_2\ ^{17}O$, $D_2\ ^{18}O$, может составлять до 2,97 г/л, что превышает допустимое содержание солей в питьевой воде. Физические, химические и биологические свойства изотопно-тяжелых вод (тяжелой по D, тяжелой по кислороду ^{17}O и

кислороду ^{18}O) существенно отличаются как друг от друга, так и от свойств природной воды. Например, различаются температуры кипения и замерзания, плотность скорость химических и биохимических реакций [3, 4,5]. Это позволяет рассматривать

5 вышеперечисленные тяжелые изотопные модификации H_2O как различные самостоятельные вещества, которые по отношению к воде $^1\text{H}_2$ ^{16}O являются примесями. Реакция биосистем, при воздействии на них воды, может изменяться в зависимости от количественных и качественных изменений изотопного состава

10 воды. Применение воды с повышенной концентрацией тяжелых изотопов, в частности дейтерия, вызывает выраженные токсические эффекты на уровне организма [4]. В то же время на разных объектах зарегистрирована положительная биологическая активность воды со сниженной концентрацией дейтерия [4, 6-10].

15 Таким образом, создание устройств для очистки воды от тяжелых молекул является актуальной задачей.

Современный уровень техники по вопросам производства изотопно-легкой воды представлен рядом патентов.

Так, известны способ и устройства для получения «талой» и «реликтовой» воды с пониженным содержанием тяжелых изотопов дейтерия и трития, см. патенты: RU2031085C1, МПК C02F9/00, B01D19/00, публ.20.03.1995г., RU2091335C1, МПК C02F9/00, публ. 27.09.1997г., RU2091336C1, МПК C02F9/00, публ.27.09.1997г., RU2525494C2, МПК C02F1/22, C01B5/02, B01D59/08, C02F103/04, публ.20.08.2014г. Сущность известного способа состоит в том, что он включает операции охлаждения и замораживания воды с последующими операциями оттаивания замороженной воды. Однако, степень очистки воды от дейтерия в таких устройствах невелика и не превышает 136 ppm по дейтерию.

Известны также устройства, позволяющие методом электролиза воды с последующим сжиганием водорода в среде кислорода достигать довольно значительного обеднения воды дейтерием. См., например, патенты RU2182562C2, МПК C02F1/46, B01D59/00, C02F103:04, публ. 20.05.2002г. и RU125092U1, МПК B01D59/00, публ.27.02.2013г. Но производительность указанных выше устройств мала. Недостатками таких устройств являются многостадийность процесса, загрязнение конечного продукта

переходными металлами в процессе сжигания водорода, пожаро- и взрывоопасность.

Более близкими к заявляемому изобретению по технической сути являются устройства с ректификационной колонной. В настоящее время известны ректификационные устройства для получения воды с пониженным содержанием дейтерия, работающие под вакуумом, с регулярной и насыпной насадкой. См., например, патенты RU125092U1, МПК В01D59/00, публ.27.02.2013г., RU2125817C1, МПК А23L2/00, А61K33/00, публ.10.02.1999г., RU2139062C1, МПК А61K33/00, А61K7/00, А61K9/00, публ. 10.10.1999г. и международную заявку WO9308794A1, МПК А61K9/08, 33/00, публ.13.05.1993г.

Регулярные насадки обычно используют в виде рулонов, пакетов и блоков. Такие насадки, обладая упорядоченной структурой, препятствуют возникновению непредвиденных застойных зон, имеющих место в насыпных насадках. Кроме того, они способны работать с высокими нагрузками по паровой фазе, обладают более низким собственным сопротивлением. Колонны с регулярными насадками относятся к наиболее

эффективным ректификационным аппаратам. Мировыми лидерами в области исследования и разработки регулярных насадок являются фирмы SULZER, NORTON и GLITSCH. Эффективность лучших образцов их промышленных насадок составляет 5–6 т.т./м (теоретических тарелок на 1 м высоты насадки) при факторе нагрузки $F=1,5-2,0 \text{ кг } 0,5/(с*м0,5)$.

Поскольку для очистки природной воды от дейтерия в три раза требуется около 100 теоретических тарелок, использование таких насадок потребует колонну с высотой насадочной части не менее 17 м. Это существенно ограничивает широкое распространение подобных устройств для очистки воды от тяжелых молекул воды. Использование разрезной колонны, как предложено в патенте RU125092U1, усложняет конструкцию устройства и усложняет размещение такого устройства в стандартном помещении.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является устройство с насыпной насадкой, описанное в патенте RU2295493C2, МПК C01D5/00, B01D59/00, B01D59/02, B01D3/14, публ. 20.03.2007г. Устройство для

получения воды с пониженным содержанием тяжелых молекул воды, выбранное в качестве ближайшего аналога, включает узел приготовления водяного пара из исходной воды с концентрацией $^1\text{H}_2$ ^{16}O , равной C_1 ; узел подачи водяного пара в

5 ректификационную колонну; ректификационную колонну, представляющую собой узел взаимодействия пар-жидкость между нисходящим потоком жидкости и восходящим потоком пара на поверхности контактного устройства внутри ректификационной колонны путем противотока жидкости и пара

10 при направлении основного потока жидкости и основного потока пара вдоль оси колонны; узел конденсации водяного пара с концентрацией $^1\text{H}_2$ ^{16}O , равной C_2 , в конденсаторе, установленном в верхней части ректификационной колонны, и накопление части конденсата в виде конденсированной легкой

15 воды, при этом $C_2 > C_1$; при этом давление пара в ректификационной колонне составляет от 0,05 до 0,6 бар и выход конденсированной легкой воды составляет от 0,001 до 0,25 общего объема водяного пара, прошедшего через ректификационную колонну.

Основными недостатками устройства по патенту RU2295493C2 являются низкая производительность устройства и высокие энергетические затраты на единицу готовой продукции.

5

Раскрытие изобретения.

Задачей настоящего изобретения является создание устройства с насыпной насадкой, характеризующейся повышенной производительностью устройства и пониженными энергетическими затратами на единицу готового продукта.

10 Техническими результатами, которые достигаются при использовании предлагаемого изобретения, являются повышение производительности устройства с насыпной насадкой и снижение энергетических затрат на единицу готового продукта.

Известно [11], что повышение эффективности массообмена в
15 колоннах с насыпной насадкой может быть достигнуто как за счет использования более эффективных конструкций насадочных тел, так и за счет оптимизации конструкции всей колонны (использования эффективных перераспределителей жидкостного

и парового потоков, опорных решеток, узлов ввода и отбора жидкой и паровой фаз).

Несмотря на значительный прогресс в области создания высокоэффективных устройств с насыпной насадкой, колоннам
5 такого типа присущи недостатки, которые ограничивают их применение:

- относительно низкие допустимые нагрузки;
- значительная материалоемкость;
- сложность изготовления высокоэффективных насадочных тел.

10 Из литературы известно, что эффективность «идеальных» насадочных колонн при соблюдении определенных условий практически не должна зависеть от их диаметра. Для этого необходимо обеспечить равномерное распределение стекающей жидкости на единицу площади зеркала насадки и равномерность
15 распределения поднимающегося пара.

Однако, на практике добиться этого достаточно сложно, поскольку с увеличением диаметра колонны в насадочном слое возникает градиент скоростей паровой фазы, характеризующийся более высокой скоростью в центре сечения колонны и
20 уменьшением скорости по направлению к стенке.

Кроме того, в слое насадки может происходить образование каналов для стекающей сверху жидкости. «Каналообразование» в слое насыпной насадки приводит к возникновению неравномерности распределения жидкой фазы в поперечном сечении колонны. Эти эффекты приводят к существенному увеличению высоты эквивалентной теоретической ступени разделения (далее – ВЭТС) с ростом диаметра колонны. Поэтому на практике насадочные колонны с высокой ВЭТС имеют диаметр не более 150 мм [12]. Это, в свою очередь, не позволяет создавать устройства с высокой производительностью.

Указанные выше технические результаты достигаются в устройстве для получения воды с пониженным содержанием тяжелых молекул воды, включающем ректификационную колонну, работающую под вакуумом, испаритель и конденсатор.

Технические результаты достигаются тем, что устройство работает с тепловым насосом, ректификационная колонна состоит из двух коаксиальных труб диаметром D_1 и D_2 ($D_1 > D_2$) со слоем насыпной насадки, расположенным в зазоре между ними, при этом $(D_1 - D_2)/2 < 300$ мм, а распределитель жидкости вверху колонны имеет не менее 800 точек орошения на

квадратный метр площади сечения насадочной части колонны. При этом насыпная насадка может быть выполнена в виде спирально призматической насадки. В качестве рабочего тела теплового насоса может быть использован хладагент. Тепловой насос также может работать за счет механокомпрессии водяного пара. Устройство может включать в себя несколько последовательно включенных тепловых насосов.

Краткое описание чертежей.

10 Изобретение поясняется следующими графическими материалами.

В Таблице 1 представлены значения ВЭТС в насадочных колоннах цилиндрического сечения, заполненных спирально призматической насадкой $3 \times 3 \times 0,2$, в зависимости от диаметра колонны.

В Таблице 2 представлены значения ВЭТС в насадочных колоннах цилиндрического сечения, заполненных спирально призматической насадкой $3 \times 3 \times 0,2$, в зависимости от количества точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны, для колонны диаметром 300 мм.

В Таблице 3 представлены значения ВЭТС в насадочных колоннах кольцевого сечения, заполненных спирально призматической насадкой 3x3x0,2, в зависимости от размеров колонны для распределителя жидкости с 800 точками орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны.

В Таблице 4 представлены параметры заявляемого устройства и ближайшего аналога при получении воды одной степени очистки.

На Фиг.1 представлено фото опорной решетки, одновременно выполняющей функцию перераспределителя парового потока.

На Фиг. 2 представлено фото распределителя потока жидкости.

На Фиг. 3 изображена ректификационная колонна, состоящая из двух коаксиальных труб.

На Фиг. 4 представлено заявляемое устройство, с тепловым насосом, в качестве которого используется чиллер, работающий на хладагенте - фреоне.

На Фиг. 5 представлено заявляемое устройство, с тепловым насосом, работающим за счет механокомпрессии водяного пара.

Позициями на Фиг. 3–5 обозначены:

1 – наружная труба; 2 – внутренняя труба; 3 – слой насадки, расположенный в пространстве между указанными

коаксиальными трубами; 4 – опорная решётка; 5 – жидкость, поступающая сверху; 6 – распределительное устройство потока жидкости; 7 – пар, поступающий снизу; 8 – ректификационная колонна; 9 – электрические теплоэлектронагревательные элементы (далее – ТЭНы) для запуска устройства; 10 – конденсатор-дефлегматор; 11 – насос; 12 – емкость для сбора продукта; 13 – испаритель теплонасосного устройства; 14 – компрессор; 15 – конденсатор теплонасосного устройства – кипятильник; 16 – куб колонны; 17 – дроссельный вентиль; 18 – линия питания; 19 – линия отвала; 20 – рекуперативный теплообменник.

Осуществление изобретения.

Известные распределительные устройства потока жидкости, используемые в насадочных колоннах, имеют число орошения от 100 до 300 на м² сечения аппарата. Нами экспериментально обнаружено, что использование в колонне эффективного распределителя жидкости, имеющего не менее 800 точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны, позволяет увеличить диаметр колонны, заполненной спирально призматической насадкой, до 300мм,

практически, без изменения ВЭТС (см. Таблицы 1,2). При этом степень неравномерности распределения жидкости на 1м высоты насадки уменьшается до 5%, что резко повышает эффективность колонны.

- 5 На Фиг.1 представлено фото использованного авторами перераспределителя парового потока, а на Фиг.2 – фото распределителя жидкости.

В Таблице 1 представлено изменение ВЭТС в насадочных колоннах цилиндрического сечения, заполненных спирально
10 призматической насадкой 3x3x0,2 в зависимости от диаметра колонны. Распределитель жидкости имеет 800 точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны.

В Таблице 2 представлено изменение ВЭТС в насадочных колоннах цилиндрического сечения, заполненных спирально
15 призматической насадкой 3x3x0,2, в зависимости от количества точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны. Колонна диаметром 300 мм.

Определение ВЭТС проводили по степени разделения изотопов водорода в ректификационной колонне в стационарном

состоянии и безотборном режиме [12]. Для этого, после выхода колонны в стационарное состояние (когда профиль концентраций перестает изменяться), отбирали пробы воды из конденсатора ($[D]_в$) и из куба ($[D]_н$) колонны, и

5 рассчитывали:

– степень разделения колонны K по уравнению:

$$K = [D]_н / [D]_в;$$

– число теоретических ступеней разделения (ЧТСР) N по уравнению Фенске для безотборного режима:

10 $N = \ln K / \ln \alpha$, где α – средний коэффициент разделения изотопов водорода в колонне.

Далее ВЭТС рассчитывали по уравнению:

$$\text{ВЭТС} = H / N, \text{ где } H - \text{высота слоя насадки в колонне.}$$

Как видно из Таблицы 1, дальнейшее увеличение диаметра

15 колонны цилиндрического сечения сопровождается существенным увеличением ВЭТС и, соответственно, высоты колонны. Это делает использование колонн с диаметром более 300 мм неэффективным и, следовательно, не позволяет дальше увеличить производительность отдельного устройства.

Авторами экспериментально доказано, см. Таблицу 3, что для решения поставленной задачи можно использовать колонны и большего диаметра без потери ВЭТС. Для этого в устройствах предлагается использовать ректификационную колонну, состоящую из двух коаксиальных труб диаметром $D1$ и $D2$ ($D1 > D2$) со слоем насыпной насадки, расположенным в зазоре между ними (см. Фиг. 3). При этом расстояния между стенками не должно превышать 300мм. Т.е., должно выполняться условие: $(D1 - D2) / 2$ меньше или равно 300мм. Это позволяет существенно увеличить площадь сечения насадочной части колонны при таком же расстоянии между стенками, как и у цилиндрической колонны. Например, при диаметре внешней колонны 700мм и диаметре внутренней колонны 100мм, площадь сечения насадочной части колонны, будет в 5,3 раза больше площади сечения одиночной цилиндрической колонны диаметром 300мм. При этом расстояние между стенками будет составлять те же 300мм.

Это техническое решение позволяет существенным образом увеличить производительность устройства при использовании колонн диаметром больше 300мм без уменьшения ВЭТС.

Изменение ВЭТС в насадочных колоннах кольцевого сечения, заполненных спирально призматической насадкой $3 \times 3 \times 0,2$ в зависимости от размеров колонны. Распределитель жидкости имеет 800 точек орошения на квадратный метр площади сечения

5 насадочной части колонны.

Центральная (внутренняя) труба также может быть заполнена насадкой и представлять собой независимую колонну сплошного сечения с отдельным кубом и конденсатором.

Одним из способов, позволяющих сократить расход тепла на

10 устройствах ректификации, является использование теплоты конденсации пара верха колонны для нагрева продукта в кубе колонны. Однако, вследствие разности температур между верхом и низом колонны, непосредственно использовать теплоту конденсации пара верхнего продукта невозможно. В этом случае

15 можно применить схему ректификации с тепловым насосом.

На Фиг.4 представлена схема устройства, в котором в качестве теплового насоса используется чиллер, работающий на хладагенте-фреоне.

Ректификационная колонна (см. Фиг.3) состоит из наружной и внутренней коаксиально расположенных труб. Слой насадки расположен в пространстве между коаксиальными трубами на опорной решетке, которая одновременно является перераспределителем парового потока. Насадка предназначена для увеличения поверхности взаимодействия между восходящим потоком пара и нисходящим потоком жидкости в ректификационной колонне. Жидкость поступает сверху через распределительное устройство, пар - поступает снизу.

Полученный в кубе колонны водяной пар поступает в ректификационную колонну, представляющую собой узел взаимодействия между восходящим потоком пара и нисходящим потоком жидкости.

Пары, выходящие из верхней части ректификационной колонны (см. Фиг.4), поступают в конденсатор-дефлегматор 10, где конденсируются, отдавая теплоту воде промежуточного контура. Образовавшийся конденсат частично поступает в емкость для сбора продукта 12, частично идет на орошение колонны 8.

Циркуляция воды промежуточного контура между конденсатором-дефлегматором 10 и испарителем теплонасосного

устройства 13 обеспечивается насосом 11. В испарителе 13 хладон теплонасосного устройства испаряется за счет охлаждения сетевой воды промежуточного контура. Пары хладона сжимаются компрессором 14 и подаются в конденсатор 5 теплонасосного устройства – кипятильник 15. При определенном соотношении параметров может оказаться, что теплоты конденсации хладона недостаточно для испарения воды. В этом случае дефицит теплоты покрывается электрическими ТЭНами 9, которые необходимы также для первоначального (пускового) 10 разогрева устройства.

Работа заявляемого устройства может быть продемонстрирована следующими примерами*.

**Следует заметить, что примеры приведены только для иллюстрации эффективности и возможностей данного 15 изобретения, ни в коей мере не ограничивая области его применения.*

Пример 1. Исходная дистиллированная вода поступает в куб колонны через линию запитки воды. При запуске колонны пар вырабатывается с помощью ТЭНов общей мощности 80 кВт. В

дальнейшем колонна работает с тепловым насосом и выключенными ТЭНами. Тепловой насос представляет собой чиллер, работающий на хладагенте-фреоне R134a. Электрическая мощность привода компрессора – 48 кВт. Ректификационная колонна состоит из наружной и внутренней коаксиально расположенных труб. Диаметр внутренней трубы составляет 100мм, диаметр наружной трубы составляет 400мм. Расстояние между стенками равно 150мм. Слой насадки расположен в пространстве между коаксиальными трубами на опорной решетке, которая одновременно является перераспределителем парового потока. Насадка представляет собой 3-миллиметровые спирально-призматические элементы, выполненные из нержавеющей проволоки диаметром 0,2мм. Удельная поверхность насадки составляет $2800 \text{ м}^2/\text{м}^3$, доля свободного объема $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Жидкость поступает сверху через распределительное устройство, пар – поступает снизу. Распределитель жидкости имеет 800 точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны. Процесс массообмена происходит путем противотока жидкости и пара при направлении основного потока жидкости и основного

потока пара вдоль оси колонны. Колонна выполнена из нержавеющей стали 02X12Т, толщина стенки 2мм, высота колонны - 6000мм.

Процесс обогащения водяного пара наиболее легкими молекулами воды происходит в ректификационной колонне на поверхности насадки при температуре 60°C и давлении 0,2 бар. Пары, выходящие из верхней части колонны 8 (см.Фиг.4), поступают в конденсатор-дефлегматор 10, где конденсируются, отдавая теплоту воде промежуточного контура. Образовавшийся конденсат частично поступает в емкость для сбора продукта 12, частично идет на орошение колонны 8. Циркуляция воды промежуточного контура между конденсатором-дефлегматором 10 и испарителем теплонасосного устройства 13 обеспечивается насосом 11. В испарителе 13 хладагент теплонасосного устройства испаряется за счет охлаждения сетевой воды промежуточного контура. Пары хладагента сжимаются компрессором 14 и подаются в конденсатор теплонасосного устройства - кипятильник 15. Полученный водяной пар с повышенным содержанием $^1\text{H}_2$ ^{16}O в объеме 240 л/час конденсируется в узле конденсации, расположенном в верхней

части ректификационной колонны. Выход сконденсированной легкой воды составляет 0,025 часть от общего объема водяного пара, прошедшего через ректификационную колонну, и равен 6 л/час. Готовый продукт представляет собой легкую воду с 5 повышенным содержанием молекул $^1\text{H}_2$ ^{16}O , остаточным содержанием дейтерия 10 ppm и тяжелоокислородной воды ($^1\text{H}_2$ ^{18}O) - 800 ppm.

Пример 2. Все операции те же, что и в примере 1. Электрическая мощность привода компрессора теплового насоса – 200 кВт.
10 Размеры колонны: диаметр внутренней трубы составляет 100мм, диаметр наружной трубы составляет 700мм. Расстояние между стенками равно 300мм. Выход готового продукта – легкой воды с остаточным содержанием дейтерия 10 ppm и тяжелоокислородной воды ($^1\text{H}_2$ ^{18}O) - 800 ppm - составляет – 20л в
15 час.

Пример 3. На Фиг. 5 представлена схема работы заявляемого устройства с тепловым насосом, использующим пары дистиллята, которые непосредственно поступают в компрессор и тепловой насос устройства работает за счет механокомпрессии водяного

пара. Исходная дистиллированная вода поступает в куб колонны через линию запитки воды. При запуске колонны пар вырабатывается с помощью ТЭНов общей мощности 80 кВт. В дальнейшем колонна работает с тепловым насосом и 5 выключенными ТЭНами. Ректификационная колонна состоит из наружной и внутренней коаксиально расположенных труб. Диаметр внутренней трубы составляет 200мм, диаметр наружной трубы составляет 400мм. Расстояние между стенками равно 100мм. Слой насадки расположен в пространстве между 10 коаксиальными трубами на опорной решетке, которая одновременно является перераспределителем парового потока. Насадка представляет собой 3-миллиметровые спирально-призматические элементы, выполненные из нержавеющей проволоки диаметром 0,2мм. Удельная поверхность насадки 15 составляет $2800\text{м}^2/\text{м}^3$, доля свободного объема $0,9\text{м}^2/\text{м}^3$. Жидкость поступает сверху через распределительное устройство, пар - поступает снизу. Распределитель жидкости имеет 800 точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны. Процесс массообмена происходит путем 20 противотока жидкости и пара при направлении основного потока

жидкости и основного потока пара вдоль оси колонны. Колонна выполнена из нержавеющей стали 02Х12Т, толщина стенки 2мм, высота колонны - 6000мм. Колонна работает при температуре 60°С и давлении 0,2 бар. Пары, выходящие из верхней части колонны 8 в объеме 210 л/ч сжимаются механическим компрессором пара 14 и поступают в теплообменник куба 16 колонны, где конденсируются, испаряя воду, находящуюся в кубе при более низком давлении. Пары воды из куба поднимаются вверх по колонне и снова поступают в механический компрессор 14 со степенью сжатия пара -2. А образовавшийся конденсат насосом 11 подается в емкость для сбора продукта 12 и на орошение колонны. При этом только 0,025 часть конденсата, равная 5,2 л, поступает в емкость для сбора продукта 12, а остальное количество поступает на орошение колонны 8.

15 Готовый продукт представляет собой легкую воду с повышенным содержанием молекул $^1\text{H}_2$ ^{16}O , остаточным содержанием дейтерия 10 ppm и тяжелоокислородной воды ($^1\text{H}_2$ ^{18}O) - 800 ppm.

Для увеличения эффективности теплового насоса служит рекуперативный теплообменник 20, в котором выходящие из

20 верхней части колонны пары подогреваются конденсатом, а

конденсат возвращается из теплообменника куба колонны.

В Таблице 4 представлены параметры заявляемого устройства и ближайшего аналога при получении воды одной степени очистки.

- 5 Как видно из Таблицы, заявляемое изобретение значительно превосходит ближайший аналог по энергоэффективности и производительности.

Источники информации.

1. Глинка. Общая химия. М.: «Химия», 1975 г., стр.102.
- 10 2. Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы. М.: Наука, 1983 г., стр.47., стр.10, 47, 46, 10.
3. Андреев Б.М., Зельвенский Я.Д., Кательников С.Г. Тяжелые изотопы водорода в ядерной технике. Москва: ИздАТ, 2000г., с.186.
- 15 4. Лобышев В.И., Калиниченко Л.П. Изотопные эффекты D2O в биологических системах. Москва: Наука, 1978г.

5. Гончарук В.В., Лапшин В.Б., Бурдейная Т.Н., Чернопятко А.С. и др. Физико-химические свойства и биологическая активность воды обедненной по тяжелым изотопам // Химия и технология воды – 2011г.- Т.33, N 1.- с.15-25.
- 5 6. Strekalova T., Evans M., et al. Deuterium content of water increases depression susceptibility: The potential role of a serotonin-related mechanism. // Behav. Brain Res. Epub 2014 Aug 1.
7. Мартынов А.К., Артемкина И.В., Тимаков А.А., Москвичева Т.И. Оценка биологической активности воды с пониженным
10 содержанием дейтерия. Материалы междисциплинарной конференции с международным участием «Новые биокibernетические и телемедицинские технологии XXI века», Петрозаводск, 23-25 июня 2003г., с. 57.
8. Синяк Ю.Е., Левинских М.А., Гайдадымов В.В., Гуськова Е.И.,
15 Сигналлова О.Б., Дерендяева Т.А.. Влияние воды с пониженным содержанием дейтерия на культивирование высших растений: *Arabidopsis thaliana* и *Brassica rapa*. Организм и окружающая среда: жизнеобеспечение и защита человека в экстремальных

условиях. Материалы Российской конференции. Москва, 2000г., т. 2, с. 90.

9. Сияк Ю.Е., Григорьев А.И., Гайдадымов В.В., Медникова Е.И., Лебедева З.Н., Гуськова Е.И. Метод получения
5 бездейтериевой воды и исследование ее влияния на физиологический статус японского перепела. Космическая биология и авиакосмическая медицина. Материалы XI конференции, 1998г., т. II, с. 201.
10. M. G. Baryshev , A. A. Basov , S. N. Bolotin , S. S. Dzhimak , D. V. Kashaev, S. R. Fedosov, V. Yu. Frolov, D. I. Shashkov, D. A. Lysak , A. A. Timakov NMR, EPR, and mass spectroscopy estimates of the antiradical activity of water with modified isotope composition. Bulletin of the Russian Academy of Sciences Physics 12/2012; 76(12).
- 15 11. Леонтьев В.С., Сидоров С.И. Современные насадочные колонны: особенности конструктивного оформления. Химическая промышленность. 2005, №7, с.347-356.

12. Андреев, Б.М.; Зельвенский, Я.Д.; Кательников, С.Г.
«Разделение стабильных изотопов физико-химическими
методами». М.: Энергоатомиздат, 1982г.

5

10

15

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ.

1. Устройство для получения воды с пониженным содержанием тяжелых молекул воды, включающая ректификационную колонну, работающую под вакуумом, испаритель и конденсатор, отличающаяся тем, что устройство снабжено тепловым насосом, ректификационная колонна состоит из двух коаксиальных труб диаметром $D1$ и $D2$ ($D1 > D2$) со слоем насыпной насадки, расположенным в зазоре между ними, при этом $(D1 - D2) / 2 < 300$ мм, а распределитель жидкости вверху колонны имеет не менее 800 точек орошения на квадратный метр площади сечения насадочной части колонны.
2. Устройство по п.1, отличающаяся тем, что насыпная насадка выполнена в виде спирально призматической насадки.
3. Устройство по п.1, отличающаяся тем, что в качестве рабочего тела теплового насоса использован хладагент.
4. Устройство по п.1, отличающаяся тем, что тепловой насос работает за счет механокомпрессии водяного пара.

5. Устройство по п.1, *отличающаяся тем, что* устройство включает в себя несколько последовательно включенных ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ.

5

10

15

| | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Диаметр колонны, мм | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| ВЭТС, см | 2,4 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,5 | 12,4 |

Таблица 1

| | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Количество точек орошения на квадратный метр | 300 | 400 | 500 | 550 | 600 | 800 |
| ВЭТС, см | 15,4 | 14,5 | 13,1 | 11,0 | 3,5 | 3,2 |

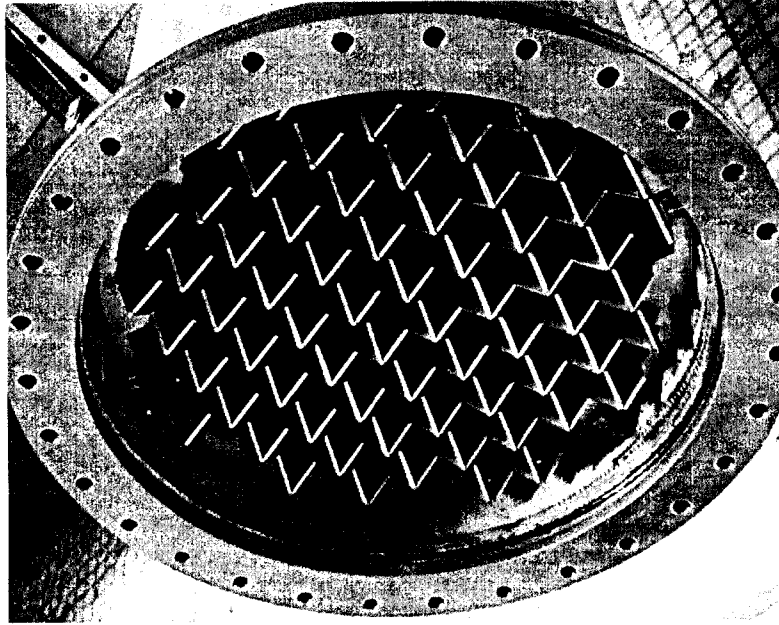
Таблица 2

| | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|-----|------|
| Диаметр наружной колонны, мм | 300 | 700 | 800 | 700 |
| Диаметр внутренней колонны, мм | 0 | 100 | 200 | 50 |
| ВЭТС, см | 3,2 | 3,8 | 4,2 | 14,5 |
| (D1-D2) / 2, мм | 150 | 300 | 300 | 325 |

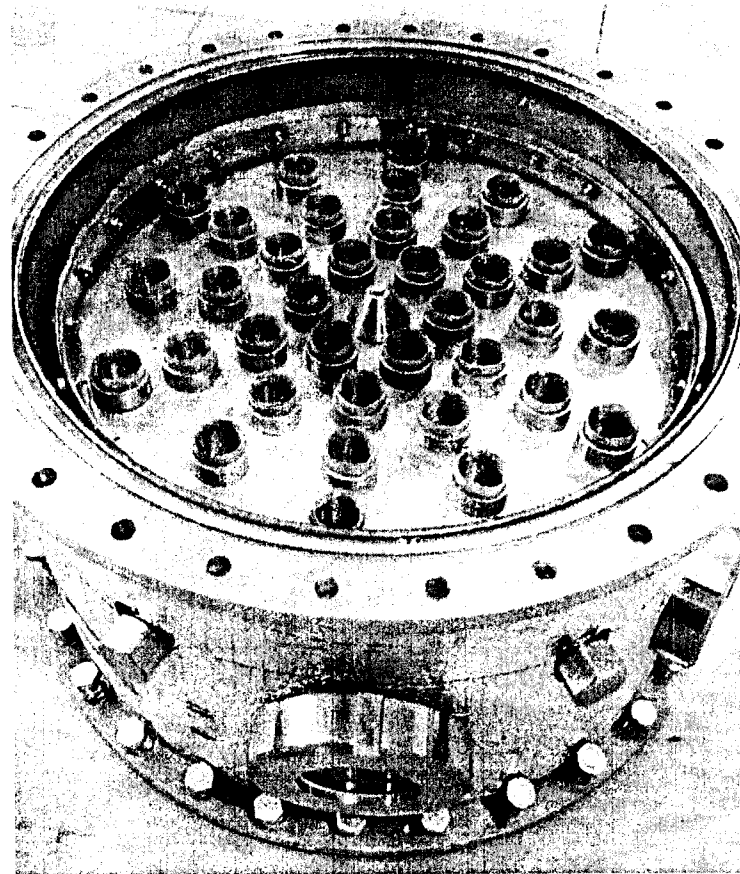
Таблица 3

| Устройство | Площадь сечения зеркала насадки, см ² | Удельные затраты энергии, кВт.час / кг продукта | ВЭТС | Содержание дейтерия в готовом продукте, ppm | Производи- тельность устройства, кг/ч | Удельные затраты энергии, кВт.час/ кг. продукта |
|---|--|--|------|---|---|--|
| Ближайший аналог, D=100 мм | 78,5 | 30 | 2,7 | 10 | 0,4 | 30 |
| Заявляемое устройство, D1=400 мм, D2=100 мм. Тепловой насос чиллер, эл.мощность привода компр. 48 кВт | 1177,5 | 8 | 3,8 | 10 | 6.0 | 8 |
| Заявляемое устройство, D1=700 мм, D2=100 мм. Тепловой насос чиллер, эл.мощность привода компр. 200 кВт | 3768 | 10 | 4.0 | 10 | 20 | 10 |
| Заявляемое устройство, D1=400 мм, D2=200 мм. Тепловой насос механокомпрессия пара. Степень сжатия пара 2 | 942 | 4 | 3,6 | 10 | 5,2 | 4 |

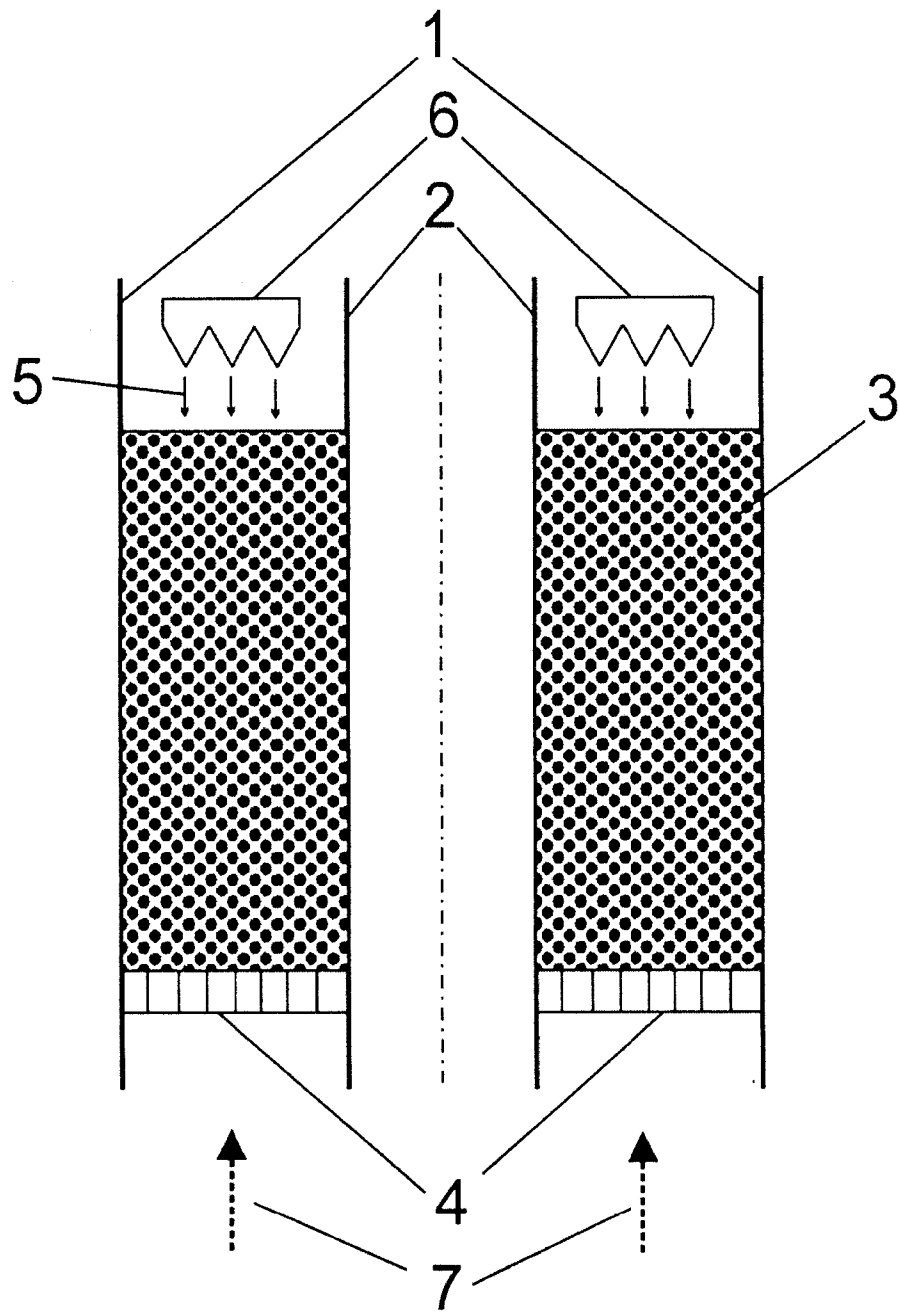
Таблица 4



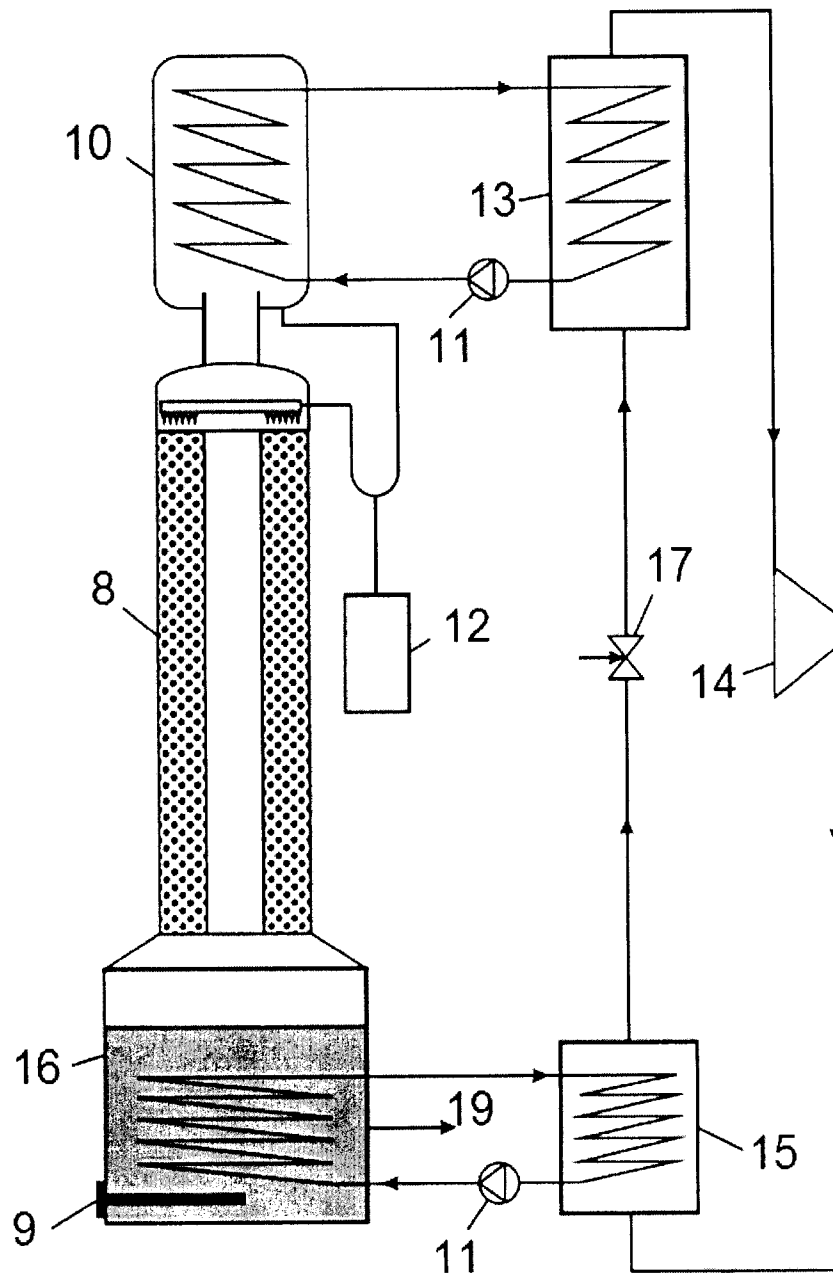
Фиг. 1



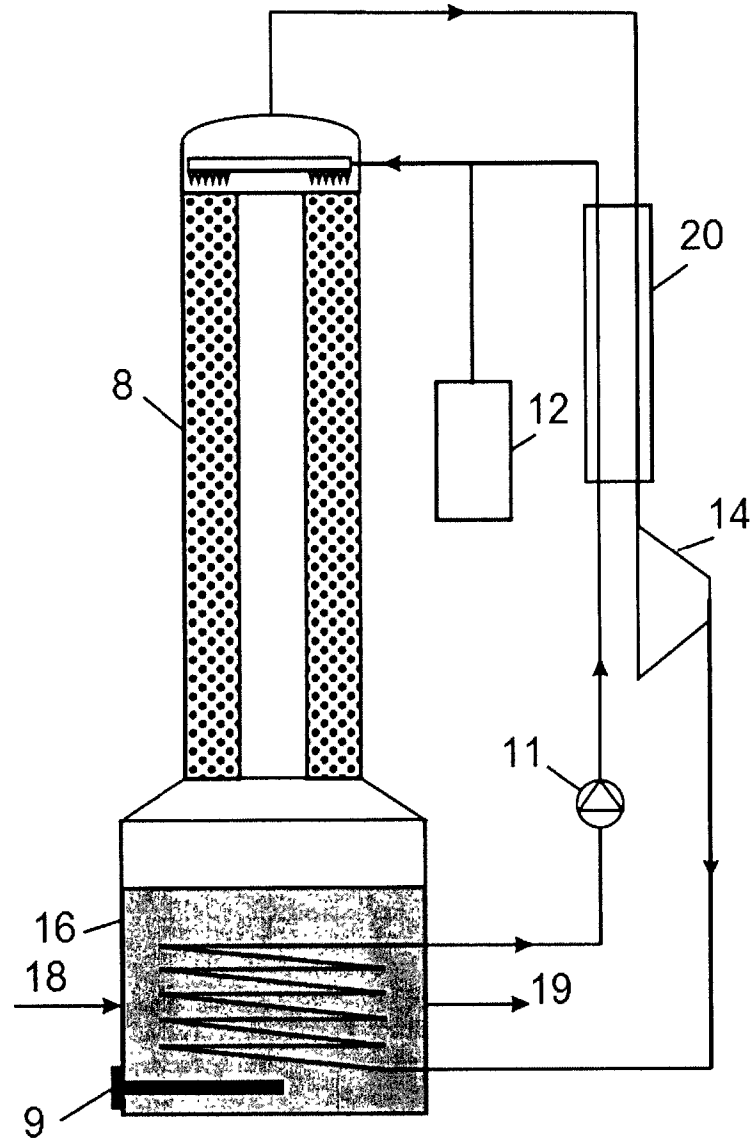
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2016/000696

| | | |
|--|---|---|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B01D 3/16 (2006.01); C01B 5/00 (2006.01); C02F 1/00 (2006.01); B01D 59/00 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01D 3/00-3/42, 59/00-59/50, B01J 8/00-8/46, 10/00, 19/00-19/32, COIB 4/00, 5/00, C02F 1/00-1/78 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CIPO, DEPATISnet, DWPI, EAPATIS, Espacenet, Google, K-PION, KIPRIS, Patentscope, PatSearch (RUPTO internal), RUPTO, SCOPUS, SIPO, STN, ScienceDirect, USPTO, Yandex, BD VINITI | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| D, A | RU 2295493 C2 (SOLOVEV SERGEI PAVLOVICH) 20.03.2007 | 1-5 |
| D, A | RU 125092 U1 (OBSCHESTVO S OGRANICHENNOI OTVETSTVENNOSTIU "MTK AISBERG") 27.02.2013 | 1-5 |
| A | WO 1996/033129 A1 (KOTAI) 24.10.1996 | 1-5 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search 02 February 2017 (02.02.2017) | | Date of mailing of the international search report 09 February 2017 (09.02.2017) |
| Name and mailing address of the ISA/ RU | | Authorized officer |
| Facsimile No. | | Telephone No. |

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2016/000696

| <p>А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>B01D 3/16 (2006.01)</i> <i>C01B 5/00 (2006.01)</i> <i>C02F 1/00 (2006.01)</i> <i>B01D 59/00 (2006.01)</i></p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p> | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|--|----------------------|------|---|-----|------|--|-----|---|--------------------------------------|-----|
| <p>В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) B01D 3/00-3/42, 59/00-59/50, B01J 8/00-8/46, 10/00, 19/00-19/32, C01B 4/00, 5/00, C02F 1/00-1/78</p> <p>Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки</p> <p>Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) CIPO, DEPATISnet, DWPI, EAPATIS, Espacenet, Google, K-PION, KIPRIS, Patentscope, PatSearch (RUPTO internal), RUPTO, SCOPUS, SIPO, STN, ScienceDirect, USPTO, Yandex, BD VINITI</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категория*</th> <th>Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей</th> <th>Относится к пункту №</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D, A</td> <td>RU 2295493 C2 (СОЛОВЬЕВ СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ) 20.03.2007</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>D, A</td> <td>RU 125092 U1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "МТК АЙСБЕРГ") 27.02.2013</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 1996/033129 A1 (KOTAI) 24.10.1996</td> <td>1-5</td> </tr> </tbody> </table> | | | Категория* | Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей | Относится к пункту № | D, A | RU 2295493 C2 (СОЛОВЬЕВ СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ) 20.03.2007 | 1-5 | D, A | RU 125092 U1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "МТК АЙСБЕРГ") 27.02.2013 | 1-5 | A | WO 1996/033129 A1 (KOTAI) 24.10.1996 | 1-5 |
| Категория* | Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей | Относится к пункту № | | | | | | | | | | | | |
| D, A | RU 2295493 C2 (СОЛОВЬЕВ СЕРГЕЙ ПАВЛОВИЧ) 20.03.2007 | 1-5 | | | | | | | | | | | | |
| D, A | RU 125092 U1 (ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "МТК АЙСБЕРГ") 27.02.2013 | 1-5 | | | | | | | | | | | | |
| A | WO 1996/033129 A1 (KOTAI) 24.10.1996 | 1-5 | | | | | | | | | | | | |
| <p><input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы С. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* Особые категории ссылочных документов:</p> <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</p> <p>“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</p> <p>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</p> <p>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</p> <p>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</p> <p>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</p> <p>“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</p> <p>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</p> </td> </tr> </table> | | | <p>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</p> <p>“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</p> <p>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</p> <p>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</p> <p>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</p> | <p>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</p> <p>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</p> <p>“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</p> <p>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</p> | | | | | | | | | | |
| <p>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</p> <p>“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</p> <p>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</p> <p>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</p> <p>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</p> | <p>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</p> <p>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</p> <p>“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</p> <p>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Дата действительного завершения международного поиска</p> <p>02 февраля 2017 (02.02.2017)</p> | | <p>Дата отправки настоящего отчета о международном поиске</p> <p>09 февраля 2017 (09.02.2017)</p> | | | | | | | | | | | | |
| <p>Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37</p> | | <p>Уполномоченное лицо: Е. Воротилина</p> <p>Телефон № (495)531-64-81</p> | | | | | | | | | | | | |