



(51) МПК
B04B 5/08 (2006.01)
B01D 53/24 (2006.01)
B01D 59/20 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B04B 5/08 (2018.05); B01D 53/24 (2018.05); B01D 59/20 (2018.05)

(21)(22) Заявка: 2015142313, 05.10.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 05.10.2015

Дата регистрации:
 27.09.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.10.2015

(43) Дата публикации заявки: 07.04.2017 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 27.09.2018 Бюл. № 27

Адрес для переписки:
 663690, Красноярский край, г.Зеленогорск, ул.
 Первая Промышленная, 1, АО "ПО ЭХЗ"

(72) Автор(ы):

Глазунов Алексей Игоревич (RU),
 Годисов Олег Никленович (RU),
 Яценко Дмитрий Витальевич (RU),
 Серебров Дмитрий Анатольевич (RU),
 Морозов Андрей Александрович (RU),
 Ловриков Евгений Владимирович (RU),
 Филимонов Сергей Васильевич (RU),
 Зырянов Сергей Михайлович (RU),
 Шешенин Андрей Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Производственное
 объединение "Электрохимический завод"
 (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: US 3289925 А, 06.12.1966. RU
 2545286 С1, 27.03.2015. RU 2394652 С2,
 27.03.2010. US 4046527 А, 06.09.1977.

(54) ГАЗОВАЯ ЦЕНТРИФУГА

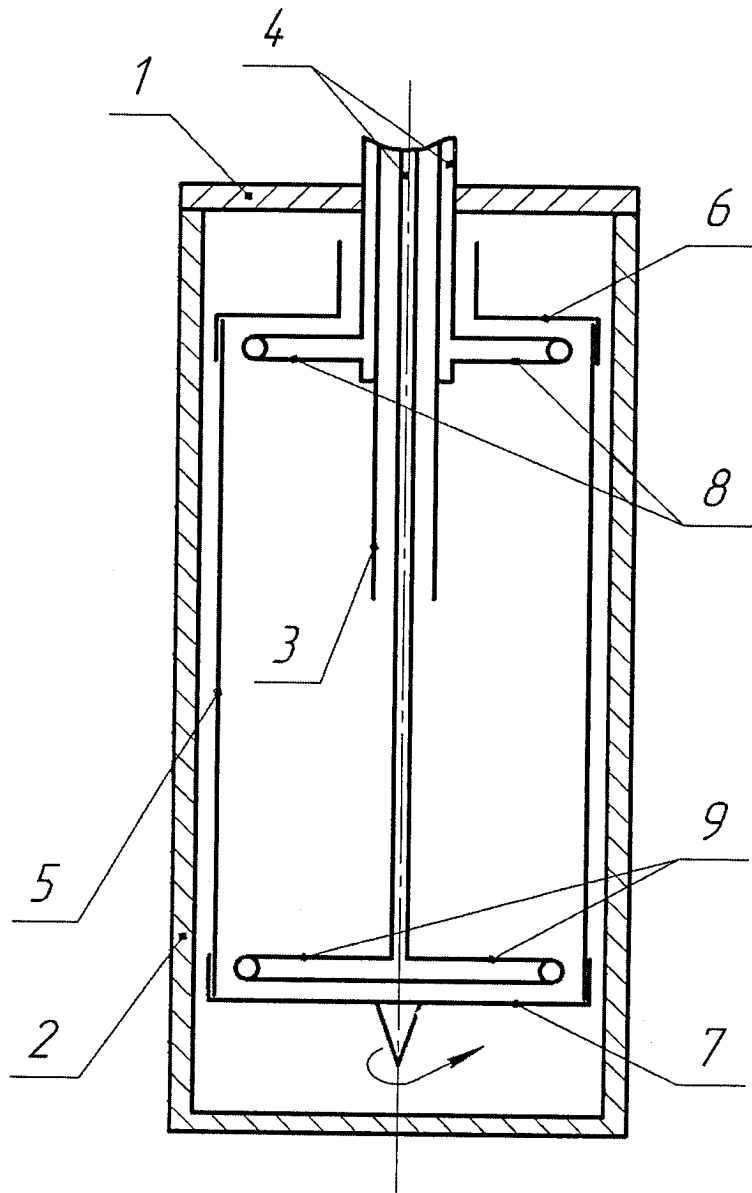
(57) Реферат:

Изобретение относится к газовым центрифугам для разделения изотопов и газовых смесей, преимущественно для разделения термонестабильных газов. Газовая центрифуга содержит герметичный корпус, установленный в него вертикальный цилиндрический ротор с верхней и нижней торцевыми крышками, газораспределительный коллектор с отборными трубками. При этом для отбора каждой из разделенных фракций из ротора используются

по меньшей мере два одинаковых отборника, расположенных в одном радиальном сечении на равном расстоянии от оси ротора и соединенных с отборными трубками газораспределительного коллектора. Техническим результатом является снижение тепловыделения на отборнике, увеличение идентичности индивидуальных характеристик газовых центрифуг и повышение эффективности газовых центрифуг при работе в группе. 2 ил., 1 пр.

RU 2 668 242 C2

RU 2 668 242 C2



заявляемая центрифуга.
Фиг. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B04B 5/08 (2006.01)
B01D 53/24 (2006.01)
B01D 59/20 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B04B 5/08 (2018.05); B01D 53/24 (2018.05); B01D 59/20 (2018.05)(21)(22) Application: **2015142313, 05.10.2015**(24) Effective date for property rights:
05.10.2015Registration date:
27.09.2018

Priority:

(22) Date of filing: **05.10.2015**(43) Application published: **07.04.2017** Bull. № 10(45) Date of publication: **27.09.2018** Bull. № 27

Mail address:

**663690, Krasnoyarskij kraj, g.Zelenogorsk, ul.
Pervaya Promyshlennaya, 1, AO "PO EKHZ"**

(72) Inventor(s):

**Glazunov Aleksej Igorevich (RU),
Godisov Oleg Niklenovich (RU),
Yatsenko Dmitrij Vitalevich (RU),
Serebrov Dmitrij Anatolevich (RU),
Morozov Andrej Aleksandrovich (RU),
Lovrikov Evgenij Vladimirovich (RU),
Filimonov Sergej Vasilevich (RU),
Zyryanov Sergej Mikhajlovich (RU),
Sheshenin Andrej Borisovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "Proizvodstvennoe
obedinenie "Elektrokhimicheskij zavod" (RU)**(54) **GAS CENTRIFUGE**

(57) Abstract:

FIELD: instrument engineering.

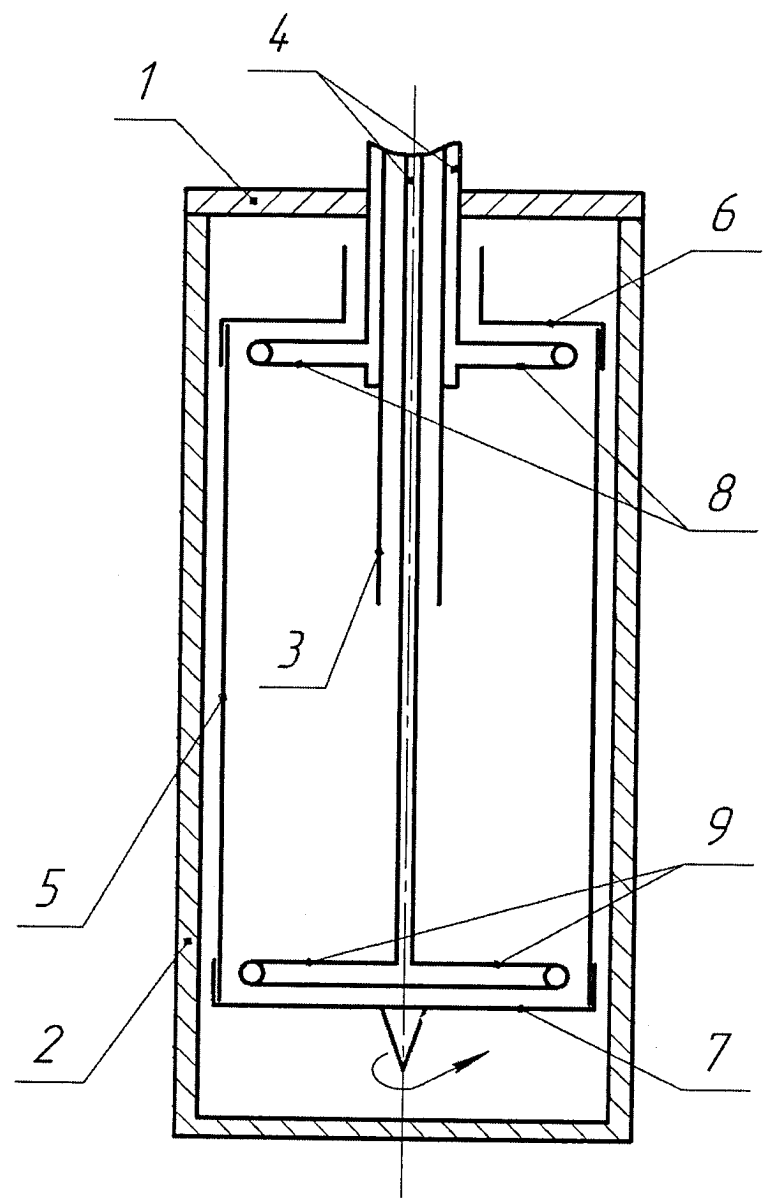
SUBSTANCE: invention relates to gas centrifuges for separating isotopes and gas mixtures, primarily for separating thermally unstable gases. Gas centrifuge contains a sealed housing, a vertical cylindrical rotor installed therein with upper and lower end caps, gas distributing manifold with selected tubes. In this case, at least two identical selectors are used to select each of the divided fractions from the rotor, located in a

single radial section at an equal distance from the axis of the rotor and connected to the selected tubes of the gas distribution manifold.

EFFECT: technical result is the reduction of heat generation on the sampler, the increase in the identity of the individual characteristics of gas centrifuges and the increase in the efficiency of gas centrifuges when working in a group.

1 cl, 2 dwg, 1 ex

C 2
2 6 6 8 2 4 2
R UR U
2 6 6 8 2 4 2
C 2



заявляемая центрифуга.

Фиг. 2

Изобретение относится к газовым центрифугам (ГЦ) для разделения изотопов и газовых смесей, преимущественно для разделения термонестабильных газов и предназначено для снижения тепловыделения на отборнике и увеличения идентичности индивидуальных характеристик газовых центрифуг.

5 Известна газовая центрифуга, являющаяся аналогом, в которой для обеспечения механической симметрии и пропускной способности трасс были применены две пары откачных трубок, не использующих эффекта напора для повышения давления газа (Gernot Zippe «A Progress Report: The Development of Short Bowl Ultracentrifuges» UVA/ORL-2400-59 (1 July 1959). В условиях сравнительно небольшой окружной скорости
10 вращения ротора энергозатраты на торможение газа и откачку газа такими отборниками были весьма существенными. Применение отборников типа трубок Пито, позволило существенно снизить необходимые пропускные сечения отборников и создать необходимое торможение газа при существенно меньших энергозатратах даже при применении одного отборника.

15 Известна газовая центрифуга, содержащая герметичный корпус, установленный в него вертикальный цилиндрический ротор с верхней и нижней торцевыми крышками, газораспределительный коллектор с отборными трубками (RU 2394652, кл. В04В 5/08, 27.03.2010).

В указанном изобретении, являющимся прототипом, неподвижные отборники,
20 расположенные у противоположных торцов ротора за счет скоростного напора отбираемого газа позволяют поднять давление в трассах отбора выше, чем в трассе питания газовой центрифуги. Такое решение позволяет создать высокоэффективные каскадные промышленные компоновки для разделения изотопов из газовых центрифуг, объединенных параллельно в разделительную ступень, а разделительные ступени
25 соединены последовательно. За счет более высоких, чем в потоке питания, давлений в трассах отбора разделенных фракций центрифуги, разделенные фракции поступают в соседние ступени самотеком /«Обогащение урана» Под редакцией С. Виллани, М: Энергоатомиздат, 1983 г, стр. 107-109, 182-183/.

В конструкции газовой центрифуги - прототипа отборник тяжелой фракции выполняет
30 одновременно и другую функцию: создание противоточного течения газа в роторе противоточной газовой центрифуги за счет торможения газа отборником у торца отбора тяжелой фракции. Параметры этого противоточного течения (массовый поток, скорость и так далее) для максимальной производительности газовой центрифуги оптимизируются подбором геометрии отборника, в основном - расстоянием между входным сечением
35 отборника и осью ротора. Чем больше это расстояние, тем больше и торможение газа и величина интенсивности противоточного течения. Поскольку скорость вращения ротора обычно во много раз превосходит скорость звука в рабочем газе, то газ, проходя через ударную волну, которая устанавливается перед входным сечением отборника, повышает свое давление, но одновременно и повышает свою температуру.

40 Недостатком, возникающих при конструировании таких высокоскоростных газовых центрифуг, является неидентичность характеристик¹ (В.А. Палкин, Оценка снижения разделительной способности ступеней каскада газовых центрифуг, АЭ, 2014, т. 116, вып. 5, с. 295-300), вызванных как допусками на изготовление и размещение отборных трубок внутри ротора в тонком слое рабочего газа, так и отклонением фактической
45 оси вращения ротора от оси неподвижного газораспределительного коллектора, в который установлены отборные трубки. Например, в современных газовых центрифугах изменение положение отборника тяжелой фракции на 0,1 мм приводит к изменению давления в трассе на 10-15%. Указанная неидентичность приводит к изменению

оптимальных режимов работы части газовых центрифуг и уменьшению их производительности при их параллельном соединении в промышленных установках для разделения изотопов.

Другой недостаток рассмотренных газовых центрифуг связан с тем, что для создания противотока течения оптимальной интенсивности за счет торможения газа отборником тяжелой фракции, оптимальное по параметрам торможения газа расстояние от оси ротора до входного сечения отборника приводит к достаточно высоким значениям давления газа в трассе отбора тяжелой фракции. Газ после прохода ударной волны нагревается и нагревает отборник тяжелой фракции, причем этот нагрев тем больше, чем выше значения давления в трассе отбора тяжелой фракции. В случае, когда газ имеет низкую термическую стабильность, при высокой температуре отборника в районе входного сечения происходит разложение газа. Это приводит к появлению отложений на отборнике и уменьшению его проходного сечения, что снижает эффективность работы газовой центрифуги. Для уменьшения этого эффекта давление газа в трассе отбора тяжелой фракции и, соответственно, величину торможения и интенсивности противотока необходимо снижать, что приводит к невозможности выбора оптимальной величины противотока и потерям производительности ГЦ.

Аналогичные процессы разложения рабочего газа возможны и на отборнике легкой фракции, они приводят к нарушениям гидравлических режимов работы газовой центрифуги, снижению потока питания ГЦ и также к потерям производительности ГЦ.

Задача изобретения заключается в том, чтобы уменьшить неблагоприятное влияние неидентичности индивидуальных характеристик ГЦ, вызванных изготовлением, на разделительную способность газовой центрифуги и снизить температуру отборника.

Поставленная задача решается тем, что газовая центрифуга содержит герметичный корпус, установленный в него вертикальный цилиндрический ротор с верхней и нижней торцевыми крышками, газораспределительный коллектор с отборными трубками, при этом для отбора каждой из разделенных фракций из ротора используются, по меньшей мере, два одинаковых отборника, расположенных в одном радиальном сечении на равном расстоянии от оси ротора и соединенных с отборными трубками газораспределительного коллектора.

Дополнительно, выходы отборников соединены в общую трассу.

Дополнительно, отборники размещены с осевой симметрией в каждом сечении.

Дополнительно, несколько отборников используются для вывода тяжелой фракции.

Дополнительно, несколько отборников используются для вывода легкой фракции.

Изобретение поясняется следующими чертежами:

Фиг. 1 - известная центрифуга.

Фиг. 2 - заявляемая центрифуга.

В крышке 1 герметичного корпуса 2 известной газовой центрифуги (Фиг. 1) неподвижно закреплен газораспределительный коллектор, включающий трубку 3 питания и отборные трубки 4. Трубки 3 и 4 проходят внутрь вертикального цилиндрического ротора 5 с верхней и нижней торцевыми крышками (6, 7) вблизи оси его вращения. Рабочий газ выводится из ротора 5 с помощью неподвижных отборников 6 и 7, соединенных с газораспределительным коллектором трубками 4. На Фиг. 2 представлено размещение отборников тяжелой фракции согласно заявляемому изобретению - для вывода рабочего газа используется несколько отборников 8 и (или) 9, расположенных в одном сечении, на одном радиальном расстоянии от оси ротора и соединенных с трубками 4 газораспределительного коллектора.

Газовая центрифуга работает следующим образом: исходный рабочий газ,

содержащий смесь изотопов или иных газовых компонент, непрерывно подается через трубку питания 3 во вращающийся высокооборотный ротор 5 и вовлекается во вращательное движение. Под действием центробежных сил смесь разделяется на фракции обогащенные легкими и тяжелыми компонентами смеси, так называемые легкую и тяжелую фракцию. Тяжелая фракция концентрируется вблизи боковой стенки ротора, а легкая фракция - вблизи его оси. Поток тяжелой фракции вращаясь вместе с ротором движется также в осевом направлении вдоль стенки ротора к неподвижному отборнику тяжелой фракции 8, размещенному у одного из концов ротора. Часть потока тяжелой фракции попадает в входное сечение отборника 8, по которому поступает в канал газораспределительного коллектора 4 и выводится из ротора 5. Часть газа, прошедшая внутри отборника 8 тормозится в наибольшей степени и движется по трубке под действием перепада давлений на выход из центрифуги. Другая часть газа движется снаружи трубки, выходя из зоны отбора и создавая внутренний противоток. Режим обтекания отборника 8 зависит от геометрии отборника и не является предметом данной заявки. Также происходит и вывод легкой фракции разделенного рабочего газа у противоположного торца ротора через отборник 9 и канал газораспределительного коллектора.

Газовая центрифуга заявляемой конструкции работает аналогичным образом со следующими преимуществами перед известными: сниженное тепловыделение на каждом отборнике, увеличивает идентичность индивидуальных характеристик ГЦ и, как следствие, повышает эффективность ГЦ при работе в группе.

Эффективность решения объясняется следующим.

Повышение идентичности характеристик ГЦ достигается за счет усреднения давления в трассе вывода рабочего газа из ротора рассматриваемой ГЦ. Так, например, установка двух отборников с одинаковыми допусками снижает реальный статистический допуск на размещение отборников в $\sqrt{2}$ раз, а неидентичность, связанная с несовпадением геометрической и физической оси ротора, приводит к тому, что на одном отборнике давление на величину Δ больше расчетного, а на втором на ту же величину меньше. Указанные факторы снижают влияние индивидуального давления в каждом отборнике на общее давление в трассе отбора ГЦ согласно следующей формуле:

$$P_{\text{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n},$$

где $P_{\text{общ}}$ - давление рабочего газа в трассе;

P_i - индивидуальное давление в каждом отборнике.

Для создания оптимального противоточного течения внутри ротора требуется организовать торможение рабочего газа о неподвижный отборник, при этом выделяется определенное количество тепла. В случае применения нескольких отборников для создания аналогичного противоточного течения общее тепловыделение не изменится, и будет равно сумме тепловыделений на каждом отборнике. При этом $Q_1 \gg Q_i$.

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n Q_i,$$

где Q_1 - тепловыделение в ГЦ с одним отборником;

Q_i - тепловыделение на i отборнике;

n - количество отборников.

При вращении ротора газовой центрифуги энергорасходы на торможение газа на отборниках в основном определяют величину необходимой мощности трения - общий энергорасход ГЦ, при этом основной энергорасход приходится на торможение газа

отборником тяжелой фракции (отборник легкой фракции работает при давлениях в 5-10 раз ниже). Поэтому при оптимальных значениях противоточного течения в роторах ГЦ с одним и с несколькими отборниками фракции, энергорасходы ГЦ практически одинаковы.

5 Таким образом, применение известного решения - установки неподвижных отборников разделенных фракций в роторе газовой центрифуги для вывода разделенных фракций и создания циркуляции в предлагаемом техническом решении - при установке более, чем одного отборника в сечении отбора разделенной фракции приводит к эффекту уменьшения неидентичности газовых центрифуг по величине оптимального потока
10 циркуляции в роторе и давления отбора тяжелой фракции, что повышает производительность группы ГЦ при их параллельном соединении за счет уменьшения эффекта смешения потоков разных концентраций в общих трассах группы ГЦ при сохранении энергорасходов на работу ГЦ. Дополнительным эффектом технического решения является также уменьшение температуры отборников, что дает возможность
15 использовать для разделения изотопов рабочие газы с пониженной термической стабильностью.

Пример применения:

В известную газовую центрифугу вместо одного отборника тяжелой фракции были установлены согласно предлагаемому решению два отборника тяжелой фракции,
20 расположенные в одном сечении и с осевой симметрией, так, что входные сечения отборников были на одинаковом расстоянии от оси ротора.

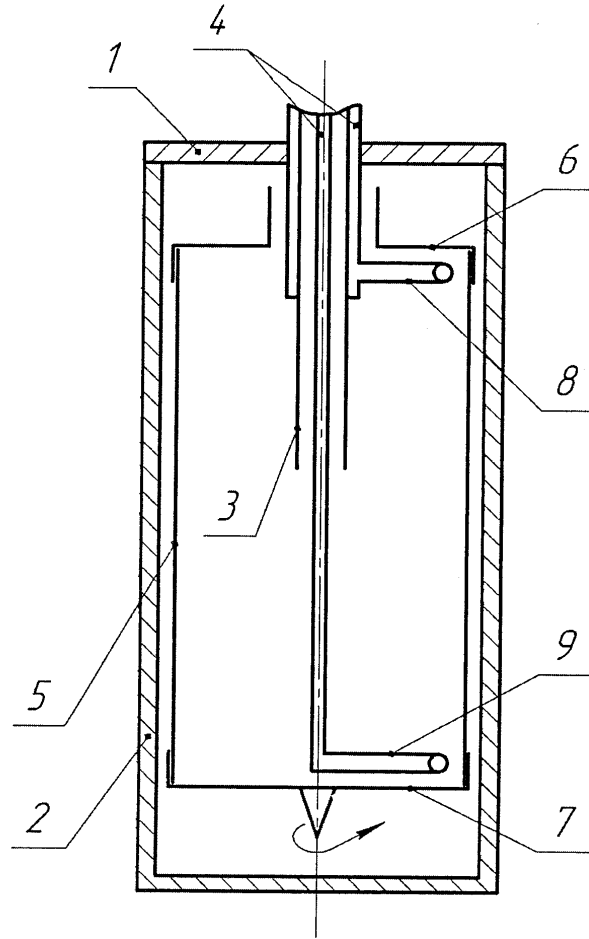
Проведены испытания газовой центрифуги, известной конструкции, которые показали, что изменение радиального положения входного сечения отборника тяжелой фракции на 0,1 мм привело к изменению давления в трассе на 10-15% от исходного значения.
25 Эта величина изменения положения отборника сравнима с реально существующим при изготовлении группы ГЦ.

Проведены аналогичные испытания газовой центрифуги с двумя отборниками тяжелой фракции (один отборник легкой фракции), расположенными как указано выше в примере применения. Испытания показали, что изменение положение отборника на
30 0,1 мм приводит к изменению давления в трассе на 3-4%. Тем самым, достигается заявляемый эффект. Производительность ГЦ и общая мощность трения, выделяемая при вращении ротора ГЦ в оптимальном режиме практически не изменились.

(57) Формула изобретения

35 Газовая центрифуга, содержащая герметичный корпус, установленный в него вертикальный цилиндрический ротор с верхней и нижней торцевыми крышками, газораспределительный коллектор с отборными трубками, отличающаяся тем, что для отбора каждой из разделенных фракций из ротора используются по меньшей мере два
40 одинаковых отборника, расположенных в одном радиальном сечении на равном расстоянии от оси ротора и соединенных с отборными трубками газораспределительного коллектора.

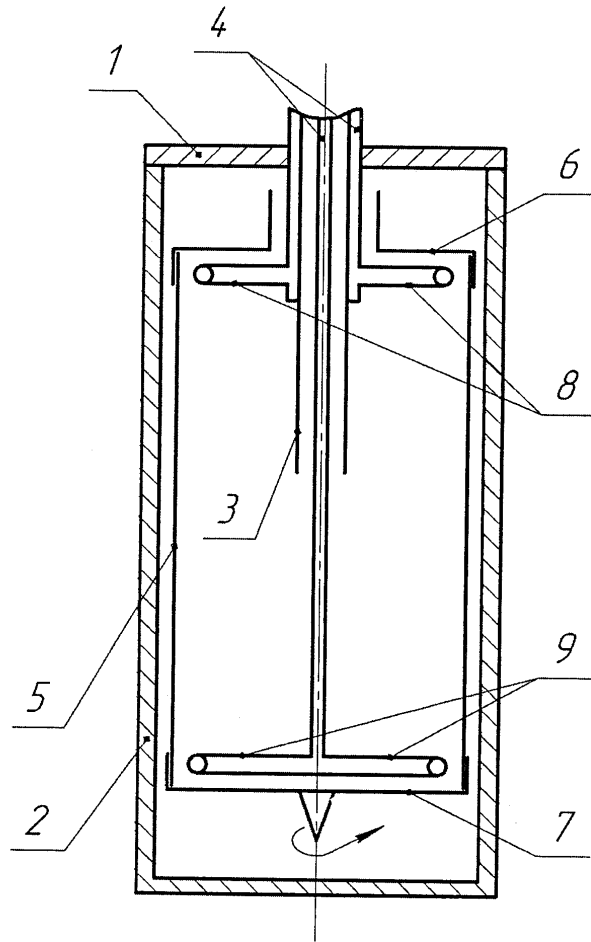
1



Фиг. 1 - известная центрифуга.

1

2



Фиг. 2 – заявляемая центрифуга.