

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037775**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.05.20**

(21) Номер заявки  
**201992888**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.07.02**

(51) Int. Cl. **B04C 5/04** (2006.01)  
**B04C 5/06** (2006.01)  
**B04C 5/081** (2006.01)  
**B04C 5/13** (2006.01)

---

(54) **ЦИКЛОН С НАПРАВЛЯЮЩИМИ ЛОПАТКАМИ**

---

(31) **10 2017 114 757.8**

(32) **2017.07.03**

(33) **DE**

(43) **2020.04.30**

(86) **PCT/EP2018/067806**

(87) **WO 2019/007905 2019.01.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОУТОТЕК (ФИНЛЭНД) ОЙ (FI)**

(72) Изобретатель:  
**Мадуга Роберт, Ястшембский  
Кристиан (DE), Перандер Линус (NO)**

(74) Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев  
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)**

(56) **US-A-3504804  
US-A1-2014299540**

(57) Изобретение относится к циклону для отделения твердых частиц и/или по меньшей мере одной жидкости от текучей среды, содержащему корпус (2, 3), впускное отверстие (6), предназначенное для введения в корпус (2, 3) текучей среды, содержащей твердые частицы и/или указанную по меньшей мере одну жидкость, отверстие (4) для выпуска твердых частиц и/или указанной по меньшей мере одной жидкости, погружную трубу (12), предназначенную для выпуска текучей среды из корпуса (2, 3), и по меньшей мере две направляющие лопатки (10a, 10b). Геометрическая форма каждой направляющей лопатки (10a, 10b) имеет по меньшей мере три кромки e1, e2, e3. Более того, каждая направляющая лопатка (10a, 10b) непосредственно или опосредованно прикреплена к корпусу (2, 3) по меньшей мере одной кромкой e3 в точке крепления, при этом образована зона а в виде площади поперечного сечения корпуса (2, 3), пересекающего закрепленные кромки e3. Кроме того, каждая направляющая лопатка (10a, 10b) имеет по меньшей мере две кромки e1 и e2, которые не прикреплены к корпусу (2, 3), при этом первая кромка e1 расположена на расстоянии d1, а вторая кромка расположена на расстоянии d2 от осевой линии с корпуса (2, 3), причем d1 < d2. Согласно изобретению первая кромка e1 расположена от зоны а на расстоянии l1, а вторая кромка e2 расположена на расстоянии l2, при этом l2 > 1,25 × l1.

**037775**  
**B1**

**037775**  
**B1**

Изобретение относится к циклону для отделения твердых частиц и/или по меньшей мере одной жидкости от текучей среды, содержащему корпус, впускное отверстие для ввода в корпус текучей среды, включающей в себя твердые частицы и/или по меньшей мере одну жидкость, выпускное отверстие для твердых частиц и/или по меньшей мере одной жидкости, погружную трубу для выпуска текучей среды из корпуса и по меньшей мере две направляющие лопатки, каждая из которых имеет геометрическую форму по меньшей мере с тремя кромками  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$ , при этом каждая направляющая лопатка непосредственно или опосредованно прикреплена к корпусу посредством по меньшей мере одной кромки  $e_3$  в точке крепления с ограничением при этом зоны  $a$  в виде площади поперечного сечения корпуса, пересекающей точки крепления, причем каждая направляющая лопатка имеет по меньшей мере две кромки  $e_1$  и  $e_2$ , которые не прикреплены к корпусу, при этом первая кромка  $e_1$  расположена на расстоянии  $d_1$ , а вторая кромка расположена на расстоянии  $d_2$  от осевой линии корпуса, причем  $d_1 < d_2$ .

В большинстве различных областей применения, таких как, например, сжигание топлива в циркулирующем кипящем слое (circular fluid bed combustion, CFB сгорание), кальцинирующий обжиг, регенерация масел, а также для других процессов, необходимо выполнять удаление и/или отделение твердых частиц или жидкостей от горячих дымовых газов или смесей газообразных продуктов, которые содержат указанные твердые частицы или жидкости, до подачи газа на следующую стадию очистки, например, в электростатический фильтр (electrical precipitator, ESP) для обеспечения соответствия требованиям защиты окружающей среды или, в частности, техническим характеристикам продукта.

Для выполнения указанных процессов обычно используют газовые циклоны, обеспечивающие отфильтровывание твердых частиц из горячего дымового газа или из смеси газообразных продуктов. Но такие циклоны также применяют в пароэнергетических установках для отделения воды от острого пара между парогенератором и турбиной или для отделения конденсата в газовых охладителях. Твердые частицы, которые содержатся в суспензиях, могут быть разделены или рассортированы посредством гидроциклонов. Кроме того, указанные циклоны могут работать с эмульсиями, например, такими как смеси "масло-вода".

В других областях применения режим работы указанных центробежных сепараторов, по существу, является тем же самым. Текучую среду вместе с содержащимися в ней твердыми включениями или жидкостями вводят из источника текучей среды в корпус циклона по подающему каналу. Во внутреннем пространстве циклона основная часть объема потока текучей среды (примерно 90%) нагнетается в виде главного потока по спиральной траектории, так что с помощью центробежной силы отделяемые включения отбрасываются к стенке корпуса. Это приводит к тому, что частицы отделяются от потока и падают или стекают вниз в направлении выпускного отверстия. Текучая среда, очищенная в результате удаления частиц, выходит из циклона, например, через сливную насадку циклона, выполненную в виде погружной трубы.

Поскольку поток жидкости, протекающий по спиральной траектории, начинающейся в верхней части (на широком конце) циклона и оканчивающейся на нижнем (узком) конце, вносит существенной вклад в эффективность процесса разделения, выполняющий ряд мероприятий для увеличения указанной траектории потока. В связи с этим подачу в циклон часто выполняют тангенциальным образом, так что скорость на впуске имеет тангенциальную составляющую.

В дополнение или в качестве альтернативы могут быть предусмотрены дополнительно устанавливаемые элементы для изменения направления входящего потока. В конструкциях известного уровня техники выступающая (в осевом направлении) длина хорды наружной направляющей лопатки равна внутренней хорде, как описано, например, в документе DE 4329662 A1. Направляющие лопатки обычно установлены на кольцевом элементе и расположены круговым образом вокруг сливной насадки циклона или вокруг срединной оси циклона, как можно понять, например, из документа WO 1993/009883 A1.

Как указано выше, эффективность циклонных сепараторов обычно является параметром, который должен быть как можно более высоким и при этом допускать как можно меньшие потери давления. Однако дополнительному повышению эффективности разделения может способствовать увеличение скорости на впуске и/или уменьшение диаметра сливной насадки циклона, но за счет повышенного падения давления. То же самое относится и к дополнительным элементам, устанавливаемым в циклоне.

Таким образом, проблема, решаемая изобретением, заключается в повышенной эффективности очистки для циклона без существенного увеличения падения давления.

Данная задача решается с помощью циклона, отличающегося признаками, изложенными в п.1 формулы изобретения.

Предложенный циклон, обеспечивающий отделение твердых частиц и/или по меньшей мере одной жидкости от текучей среды, содержит корпус, имеющий впускное отверстие для ввода в корпус текучей среды вместе с содержащимися в ней твердыми частицами и/или по меньшей мере одной жидкостью, выпускное отверстие для выпуска твердых частиц и/или по меньшей мере одной жидкости и погружную трубу для выпуска текучей среды из корпуса, предпочтительно, по меньшей мере, частично цилиндрического.

Более того, имеются по меньшей мере две направляющие лопатки. Геометрическая форма каждой направляющей лопатки имеет по меньшей мере три кромки  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$ . Кроме того, каждая направляющая

лопатка может быть непосредственно или опосредованно прикреплена к корпусу посредством по меньшей мере одной кромки e3 в точке крепления, расположенной на указанной кромке. Однако также возможно, что направляющая лопатка закреплена на двух кромках и/или по меньшей мере на участках расстояния между (указанными) двумя кромками, например e2 и e3.

Кроме того, ограничена зона a в виде площади поперечного сечения корпуса, пересекающего точки крепления. По меньшей мере двум кромкам e1 и e2, не прикрепленным к корпусу, соответствуют два расстояния до осевой линии с корпуса, при этом первая кромка e1 расположена на расстоянии d1, а вторая кромка e2 расположена на расстоянии d2 от осевой линии корпуса, причем  $d1 < d2$ .

Важным признаком изобретения является то, что первая кромка e1 расположена на расстоянии l1 до зоны a, а вторая кромка e2 расположена на расстоянии l2, причем  $l2 > 1,25 \times l1$ . В результате использования бандажированных направляющих лопаток, у которых длина наружной хорды, выступающая в осевом направлении циклона, увеличена по меньшей мере на 25%, частицы или капли жидкости могут быть направлены не только по тангенциальной траектории, но также и по направлению к наружным стенкам циклона. Накапливаясь на стенках, указанные частицы или капли больше не втягиваются в середину внутреннего вихря циклона, имеющую низкое давление.

Сочетание использования бандажированных направляющих лопаток и увеличенной длины наружной хорды, выступающей в осевом направлении, позволяет частицам проходить по направлению к стенке корпуса из местоположений, близких к срединной оси циклона. Это обеспечено с помощью неизменного наклона поверхности лопатки.

Изобретение представляет особый интерес применительно к осевым циклонам, в которых выпускное отверстие расположено напротив впускного отверстия, поскольку такое расположение не обеспечивает подачу с тангенциальной составляющей скорости. При этом изобретение можно также использовать для улучшения рабочей характеристики тангенциальных циклонов.

Кроме того, предпочтительно, чтобы геометрическая форма лопаток имела по меньшей мере четыре кромки (e1, e2, e3, e4). В результате общая площадь каждой направляющей лопатки и, следовательно, эффект ее воздействия увеличивается. Предпочтительно две из четырех кромок, а именно e3 и e4, обе неподвижно закреплены непосредственно, или обе закреплены опосредованно, либо одна из них закреплена непосредственно и одна опосредованно.

В конкретном варианте выполнения геометрическая форма лопаток представляет собой трапецию, причем предпочтительно линия соединения между двумя кромками e1 и e2 является одной из параллельных сторон трапеции. Таким образом, упрощается производство, а также техническое обслуживание направляющих лопаток. Более того, использование трапециевидной формы лопаток позволяет выполнить неподвижное закрепление по одной стороне, предпочтительно между кромкой 3 и кромкой 2.

В качестве дополнения или альтернативы предпочтительно, чтобы по меньшей мере одна направляющая лопатка была изогнута по одной оси. Таким образом, обеспечен дополнительный параметр, влияющий на радиальные и окружные скорости в циклоне.

В данном контексте наиболее предпочтительно, чтобы радиус кривизны изменялся вдоль расстояния между кромкой e3 и кромкой e1 или кромкой e2. В результате, может быть оптимизирована эффективность разделения.

В другом предпочтительном варианте выполнения по меньшей мере две из направляющих лопаток установлены на опорном элементе, который закреплен в корпусе. Данный опорный элемент предпочтительно имеет по меньшей мере 4, более предпочтительно 6 и еще более предпочтительно по меньшей мере 10 направляющих лопаток и установлен по внутренней окружности корпуса. Предпочтительно опорный элемент является круглым и/или направляющие лопатки равномерно распределены по окружности. В случае использования опорного элемента площадь, занимаемая данным элементом, например окружность, ограниченная кольцом, представляет собой зону a. Кроме того, в одном циклоне можно использовать несколько опорных элементов.

Согласно другому аспекту изобретения установлено, что особая геометрия направляющих лопаток требует, чтобы расстояние между зоной a и отверстием погружной трубы в корпусе составляло максимум +/-40%, предпочтительно максимум +/-20%, еще более предпочтительно максимум +/-10% от общей длины корпуса, для того чтобы обеспечить максимальную эффективность операции разделения. В качестве дополнения или альтернативы направляющие лопатки расположены на высоте, составляющей от 60 до 100%, предпочтительно от 80 до 100%, еще более предпочтительно от 90 до 100% и наиболее предпочтительно от 95 до 100% от общей длины корпуса, при этом указанная высота измеряется от выпускного отверстия. Общая длина корпуса определяется как длина между крышкой и выпускным отверстием.

Изобретение также относится к разным вариантам погружной трубы. Расстояние между отверстием погружной трубы и крышкой корпуса может составлять от 0 до 70% от общей длины корпуса. При расстоянии, составляющем 0%, погружная труба оканчивается заподлицо с крышкой корпуса и, тем самым, более не погружена в циклон. Предпочтительным является максимальное расстояние, составляющее 40%, особенно предпочтительным является максимальное расстояние, составляющее 20 и 10% от общей длины корпуса.

Кроме того, предпочтительно использовать изобретение в мультициклонах, имеющих общую пред-

камеру для введения текучей среды, содержащей твердые частицы и/или по меньшей мере одну жидкость, поскольку данное устройство требует использования осевых циклонов.

Более того, изобретение также относится к направляющей лопатке, отличающейся признаками согласно п.9 формулы изобретения.

Данная направляющая лопатка для циклона имеет геометрическую форму по меньшей мере с тремя кромками  $e_1$ ,  $e_2$  и  $e_3$ , причем по меньшей мере одна кромка  $e_3$  предназначена для непосредственной или опосредованной фиксации в точках крепления на корпусе циклона. По меньшей мере две кромки  $e_1$  и  $e_2$  направляющей лопатки не прикреплены к корпусу, причем первая кромка  $e_1$  расположена от осевой линии корпуса на расстоянии  $d_1$ , а вторая кромка  $e_2$  расположена на расстоянии  $d_2$ , и при этом  $d_1 < d_2$ , причем направляющая лопатка отличается тем, что после ее закрепления ограничена зона  $a$  в виде площади поперечного сечения корпуса, пересекающей точки крепления. После закрепления направляющей лопатки в корпусе циклона первая кромка  $e_1$  расположена на расстоянии  $l_1$  от зоны  $a$ , а вторая кромка расположена на расстоянии  $l_2$ , причем  $l_2 > 1,25 \times l_1$ .

В заключение необходимо отметить, что изобретение также относится к опорному элементу по меньшей мере с четырьмя направляющими лопатками по п.10, расположенному таким образом, что опорный элемент ограничивает зону  $a$ .

Другие цели, признаки, преимущества и возможные области применения изобретения также можно понять из приведенного ниже описания прилагаемых чертежей и примера выполнения. Все описанные и/или проиллюстрированные признаки составляют предмет изобретения сами по себе или в любой комбинации, независимо от их включения в независимые пункты формулы изобретения или их обратные ссылки.

На чертежах

на фиг. 1а изображен продольный разрез тангенциального циклона согласно первому варианту выполнения изобретения;

на фиг. 1b изображен разрез впускного отверстия циклона, показанного на фиг. 1а;

на фиг. 1с изображен продольный разрез осевого циклона;

на фиг. 2 изображен опорный элемент с направляющими лопатками согласно известному уровню техники;

на фиг. 3 изображен опорный элемент с направляющими лопатками согласно изобретению;

на фиг. 1а схематически показана базовая конструкция тангенциального циклона 1, используемого для отделения твердых частиц или жидкостей от потока текучей среды.

Циклон 1 согласно настоящему изобретению содержит цилиндрическую верхнюю часть 2 корпуса и коническую нижнюю часть 3 корпуса. Цилиндрическая часть 2 корпуса и коническая часть 3 корпуса сообща образуют корпус 2, 3 циклона 1, то есть корпус 2, 3 циклона. Верхний конец корпуса 2, 3 закрыт крышкой 5 корпуса.

Погружная труба или сливная насадка 12 циклона вставлена в центральное отверстие крышки 5 корпуса, так что часть погружной трубы 12 выходит наружу, а часть трубы входит внутрь корпуса 2, 3 циклона.

Своим первым концом подающий канал 7 соединен с впускным отверстием 6 в цилиндрической части 2 корпуса циклона 1. Вторым концом подающий канал 7 может быть соединен, например, с выпускным отверстием доменной печи/псевдооживленным слоем. Впускное отверстие 6 и выходящий непосредственно в него подающий канал 7 расположены в верхнем конце цилиндрической части 2 корпуса. Предпочтительно в данном случае верхняя стенка 9 подающего канала 7 и крышка 5 корпуса расположены в одной плоскости.

Как правило, циклон 1 расположен так, что коническая часть 3 корпуса ориентирована вниз, в направлении гравитационного поля. В самой нижней точке части 3 выполнено выпускное отверстие 4, через которое могут выводиться включения и/или жидкость, извлеченные из потока текучей среды.

В процессе эксплуатации поток текучей среды вместе с содержащимися в нем включениями вводится в часть 2 корпуса по подающему каналу 7 и через впускное отверстие 6. Обычно данную подачу выполняют тангенциальным образом (см. фиг. 1b), так что создается круговое движение потока текучей среды. Поток текучей среды перемещается по спиральной траектории от впускного отверстия 6 в направлении конической части 3. С помощью центробежной силы включения перемещаются к наружной стенке циклона 1 и под действием гравитации в направлении выпускного отверстия 4. Очищенный газ или в случае использования гидроциклона очищенная жидкость выходит из циклона 1 сверху через погружную трубу 12.

Согласно изобретению циклон 1 имеет по меньшей мере две направляющие лопатки 10а, 10b. Указанные лопатки 10а, 10b установлены таким образом, что ограничена зона  $a$  в виде площади поперечного сечения корпуса, пересекающей точки крепления, при этом каждая направляющая лопатка имеет по меньшей мере две кромки  $e_1$  и  $e_2$ , которые не прикреплены к корпусу. Первая кромка  $e_1$  расположена на расстоянии  $d_1$ , а вторая кромка  $e_2$  расположена на расстоянии  $d_2$  от центральной оси циклона, при этом  $d_1 < d_2$  от осевой линии корпуса.

На фиг. 1с изображен осевой циклон. При этом единственным отличием данного циклона является

положение подающего канала 7, по которому входящий поток, содержащий текучую среду вместе с включениями и/или каплями жидкости, поступает из верхней части циклона 1.

На фиг. 2 более детально изображены направляющие лопатки 10, известные из уровня техники. Все направляющие лопатки 10 прикреплены к опорному элементу, который также используется для установки указанных лопаток в циклоне 1. В случае использования опорного элемента площадь, занимаемая опорным элементом, например круг, образованный кольцом, ограничивает зону а.

Как изображено на фиг. 2, обе кромки e1 и e2, которые не прикреплены к опорному элементу, расположены на одинаковом расстоянии от зоны а.

На фиг. 3 показана конструкция направляющих лопаток 10, установленных на опорном элементе 11, который тоже ограничивает площадь а. Расстояние от первой кромки e1 до зоны а определяется как длина l1, а расстояние от второй кромки e2 до зоны а определяется как длина l2. Обе длины l1 и l2 находятся в зависимости друг от друга таким образом, что  $l2 > 1,25 \times l1$ .

Условные обозначения.

- 1 - циклон,
- 2 - цилиндрическая часть корпуса,
- 3 - коническая часть корпуса,
- 4 - выпускное отверстие,
- 5 - крышка корпуса,
- 6 - впускное отверстие,
- 7 - подающий канал,
- 8 - внутренняя стенка подающего канала,
- 9 - верхняя стенка подающего канала,
- 10a, 10b - направляющие лопатки,
- 11 - опорный элемент,
- 12 - погружная труба,
- а - зона, ограниченная точками крепления направляющих лопаток,
- с - центральная ось циклона,
- e1-e4 - кромки направляющей лопатки,
- d1, d2 - расстояние от кромки до центральной оси циклона,
- l1, l2 - расстояние от кромки до зоны а.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Циклон для отделения твердых частиц и/или по меньшей мере одной жидкости от текучей среды, имеющий корпус (2, 3), впускное отверстие (6), предназначенное для введения в корпус (2, 3) текучей среды, включающей твердые частицы и/или указанную по меньшей мере одну жидкость, выпускное отверстие (4) для твердых частиц и/или указанной по меньшей мере одной жидкости, погружную трубу (12), предназначенную для выпуска текучей среды из корпуса (3), и по меньшей мере две направляющие лопатки (10, 10a, 10b), каждая из которых имеет геометрическую форму по меньшей мере с тремя кромками e1, e2, e3, причем каждая направляющая лопатка (10, 10a, 10b) непосредственно или опосредованно прикреплена к корпусу (2, 3) посредством по меньшей мере одной кромки e3 в точке крепления, при этом ограничена зона а в виде площади поперечного сечения корпуса (2, 3), пересекающего закрепленные кромки e3, причем каждая направляющая лопатка (10, 10a, 10b) имеет по меньшей мере две кромки e1 и e2, которые не прикреплены к корпусу (2, 3), при этом первая кромка e1 расположена на расстоянии d1, а вторая кромка e2 расположена на расстоянии d2 от осевой линии с корпуса (2, 3), при этом  $d1 < d2$ , отличающийся тем, что первая кромка расположена на расстоянии l1 от зоны а, а вторая кромка e2 расположена на расстоянии l2, причем  $l2 > 1,25 \times l1$ .

2. Циклон по п.1, отличающийся тем, что выпускное отверстие (4) расположено напротив впускного отверстия (6).

3. Циклон по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что геометрическая форма лопатки имеет по меньшей мере четыре кромки e1, e2, e3 и e4, причем две кромки e3 и e4 прикреплены непосредственно или опосредованно.

4. Циклон по п.3, отличающийся тем, что геометрическая форма лопатки представляет собой трапецию, а линия соединения между двумя кромками e1 и e2 является одной из параллельных сторон трапеции.

5. Циклон по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере одна направляющая лопатка (10, 10a, 10b) изогнута по одной оси.

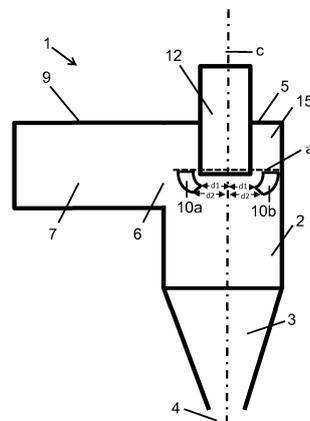
6. Циклон по п.5, отличающийся тем, что радиус изгиба изменяется вдоль расстояния между кромкой e1 и кромкой e3 и/или кромкой e2 и кромкой e3.

7. Циклон по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что по меньшей мере две из направляющих лопаток (10, 10a, 10b) установлены на опорном элементе (11), который закреплен в корпусе (2, 3).

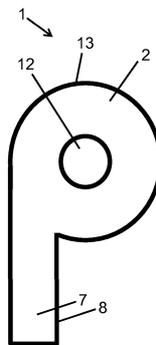
8. Циклон по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что максимальное расстояние между зоной а и отверстием погружной трубы (12) в корпусе составляет 40% от общей длины корпуса (2, 3) и/или тем, что расстояние между зоной а и отверстием погружной трубы (12) соответствует высоте, составляющей от 60 до 100% от общей длины корпуса и измеренной от выпускного отверстия.

9. Циклон по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что расстояние между отверстием погружной трубы (12) и крышкой (5) корпуса составляет от 0 до 70% от общей длины корпуса (2, 3).

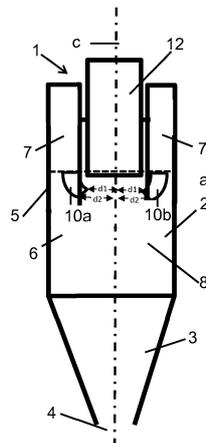
10. Опорный элемент (11), имеющий по меньшей мере четыре направляющие лопатки, каждая из которых имеет геометрическую форму по меньшей мере с тремя кромками e1, e2 и e3, причем по меньшей мере одна кромка e3 прикреплена к опорному элементу (11) в точках крепления, при этом каждая направляющая лопатка (10, 10a, 10b) имеет по меньшей мере две кромки e1 и e2, которые не должны крепиться к опорному элементу (11), при этом первая кромка e1 расположена на расстоянии d1, а вторая кромка e2 расположена на расстоянии d2 от осевой линии с корпуса (2, 3), причем  $d1 < d2$ , отличающийся тем, что опорный элемент (11) образует зону а, при этом первая кромка e1 расположена на расстоянии l1 до зоны а, а вторая кромка e2 расположена на расстоянии l2, причем  $l2 > 1,25 \times l1$ .



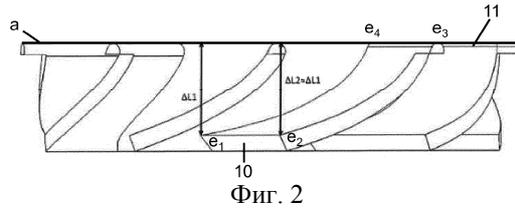
Фиг. 1а



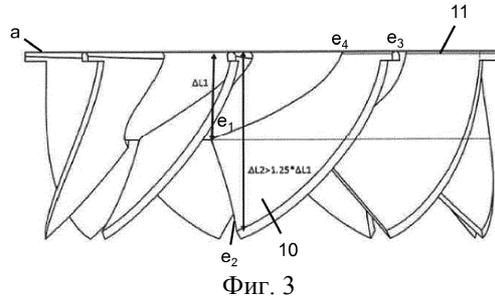
Фиг. 1b



Фиг. 1с



Фиг. 2



Фиг. 3