



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2008144788/06**, **27.03.2007**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.03.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
18.04.2006 US 11/405,777

(43) Дата публикации заявки: **27.05.2010** Бюл. № 15

(45) Опубликовано: **20.12.2011** Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **WO 2005103542 A1**, **03.11.2005. RU 2249742 C2**, **10.04.2005. SU 1335770 A1**, **07.09.1987. SU 1765591 A1**, **30.09.1992. US 4473210 A**, **25.09.1984. US 5014746 A**, **14.05.1991.**

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **18.11.2008**

(86) Заявка РСТ:
US 2007/007646 (27.03.2007)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2007/126863 (08.11.2007)

Адрес для переписки:

191186, Санкт-Петербург, а/я 230, "АРС-ПАТЕНТ", пат.лов. М.В.Хмаре, рег. № 771

(72) Автор(ы):

МАККАРТИ Майкл Уайлди (US)

(73) Патентообладатель(и):

ФИШЕР КОНТРОЛЗ ИНТЕРНЕШНЭЛ ЛЛС (US)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ

(57) Реферат:

Устройства снижения давления текучей среды могут найти применение в арматуростроении для понижения шума и/или давления, генерируемых в технологической текучей среде (например, в газе или жидкости), используемой в соответствующей гидро- или пневмосистеме. Предлагаемые устройства содержат полую конструкцию, имеющую внутреннюю поверхность и наружную поверхность и состоящую из множества

дисков, уложенных в стопу, и множество каналов, проходящих между внутренней и наружной поверхностями. Каждый канал определяет границы прохода, имеющего площадь поперечного сечения и первый смоченный периметр, который больше второго смоченного периметра, соответствующую проходу, имеющему круглую или прямоугольную форму поперечного сечения и такую же площадь поперечного сечения, как у одного из каналов. 3 н. и 20 з.п. ф-лы, 16 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2008144788/06, 27.03.2007**

(24) Effective date for property rights:
27.03.2007

Priority:

(30) Priority:
18.04.2006 US 11/405,777

(43) Application published: **27.05.2010 Bull. 15**

(45) Date of publication: **20.12.2011 Bull. 35**

(85) Commencement of national phase: **18.11.2008**

(86) PCT application:
US 2007/007646 (27.03.2007)

(87) PCT publication:
WO 2007/126863 (08.11.2007)

Mail address:

191186, Sankt-Peterburg, a/ja 230, "ARS-PATENT", pat.pov. M.V.Khmare, reg. № 771

(72) Inventor(s):

MAKKARTI Majkl Uajldi (US)

(73) Proprietor(s):

FISHER KONTROLZ INTERNESHNEHL LLS (US)

(54) DEVICE FOR REDUCTION OF PRESSURE OF FLUID MEDIUM

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: device consists of hollow structure with internal surface and external surface, of multitude of disks stack in pile and of multitude of channels passing between internal and external surfaces. Each channel defines borders of a passage having area of cross section and the first wetted

perimetre which is larger, than the second wetted perimetre, corresponding to the passage of a round or rectangular shape of cross section and the same area of cross section as of one of the channels.

EFFECT: reduced noise or pressure generated by process fluid medium used in corresponding hydro- or pneumatic system.

23 cl, 16 dwg

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройствам для снижения давления текучей среды, и более конкретно к устройствам указанного назначения, применяемым в системах подачи технологических текучих сред.

Уровень техники

При управлении технологическими процессами в промышленности многие приложения, связанные с применением управляющих клапанов (например, при выработке энергии или в нефтепереработке), создают рабочие условия, производящие неприемлемые уровни аэродинамического шума. В частности, допустимая величина такого шума, как правило, составляет приблизительно 85 дБ при измерении, проводимом относительно управляющего клапана трубопровода на расстоянии 1 м ниже по течению потока и в метре от трубопровода. Очевидно, что шум, генерируемый в ходе различных технологических приложений, можно уменьшить с помощью устройств снижения давления текучей среды, используемых в качестве соответствующих механизмов клапана или его отводных диффузоров. В последние годы было достигнуто довольно хорошее понимание физических и гидрогазодинамических параметров таких устройств с возможностью прогнозирования уровня шума при их применении.

Стандартные решения проблем шума, производимого управляющими клапанами, сводятся к применению устройств снижения давления текучей среды, имеющих цилиндрическую форму и использующих специальные внутренние проточные конструкции, предназначенные для осуществления ступенчатого падения давления (т.е. для управления падением давления с использованием дискретных переходов внутри указанных устройств) и/или для разделения потока, исходящего из такого устройства, на множество более слабых потоков с целью уменьшения аэродинамического шума. Кроме того, по понятным причинам в традиционных устройствах снижения давления текучей среды используются поперечные сечения канала двух стандартных типов: круглого и прямоугольного. Такой выбор, как правило, ограничивался существовавшими возможностями изготовления. Вследствие использования этих исторически сложившихся технологий и прогнозных возможностей указанные конфигурации поперечных сечений канала применяют и в настоящее время. В частности, для устройств указанного назначения, сконструированных из уложенных в стопу дисков (или литых пластин), обычно характерна прямоугольная форма поперечного сечения проточного канала, в то время как поперечные сечения таких каналов у компонентов, сформированных в виде цилиндров с последующими стандартными механическими операциями обработки, имеют круглые конфигурации.

Назначение указанных проточных каналов заключается в формировании конструкций, уменьшающих уровень шума и расположенных внутри устройств снижения давления текучей среды, чтобы уменьшить в потоке количество энергии, преобразуемой в шум, и/или сместить частотную характеристику генерируемого шума в сторону частот, лежащих вне звукового диапазона. Один из обычных подходов к решению проблемы понижения аэродинамического шума состоит в сведении размера отверстий к минимуму, т.е. в уменьшении площади поперечного сечения каналов, проходящих через устройства для снижения давления текучей среды. Тем самым индуцируется смещение частотного пика генерируемого шума за пределы звукового диапазона. Таким образом, чтобы улучшить рабочие характеристики указанного устройства, изготовители делают диаметры проточных каналов настолько малыми,

насколько это практически возможно. Однако недостатками этого технического приема являются потенциальное уменьшение общей пропускной способности управляющего клапана, а также тенденция устройства к закупориванию потока или созданию помех свободному течению.

Раскрытие изобретения

Представленные в данном описании примеры устройств снижения давления можно применять для уменьшения энергии, давления и/или шума, связанных с технологическими текучими средами. Согласно одному из примеров такое устройство может содержать полый цилиндр, между внутренней и наружной поверхностями которого проходит множество каналов. Каждый из указанных каналов характеризуется площадью поперечного сечения, задающей смоченный периметр (СП). В данном случае этот периметр превышает смоченный периметр круга или прямоугольника, имеющего ту же площадь.

Согласно другому примеру устройство для снижения давления текучей среды также может содержать полый цилиндр, между внутренней и наружной поверхностями которого проходит множество каналов. Так называемый гидравлический диаметр данных каналов выбран таким, чтобы существенно уменьшить аэродинамический шум, генерируемый потоком текучей среды внутри канала.

Согласно еще одному примеру устройство для снижения давления текучей среды может содержать цилиндр, имеющий поверхности, задаваемые его внутренним и наружным диаметрами. Между указанными поверхностями выполнено множество проходов, каждый из которых имеет отверстие, по меньшей мере, с одной изогнутой стороной (кромкой).

Согласно последнему приводимому примеру устройство для снижения давления текучей среды может содержать цилиндр, имеющий поверхности, задаваемые его внутренним и наружным диаметрами. Между указанными поверхностями выполнено множество проходов, причем каждый из них на поверхности, соответствующей наружному диаметру, имеет отверстие, которое содержит, по меньшей мере, первый и второй участки, различающиеся между собой по площади и разделяемые плоскостью, которая пересекает центр оид отверстия.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 в перспективном изображении представляет один из примеров устройства для снижения давления текучей среды.

Фиг.2 иллюстрирует пример инвертированного паттерна (рисунка), который можно применять для формирования системы проходов в устройстве, показанном на фиг.1.

На фиг.3-5 проведено сопоставление проходов, применяемых в известных устройствах снижения давления текучей среды, и треугольных проходов устройства, показанного на фиг.1.

Фиг.6 иллюстрирует особенности асимметрии треугольного прохода, показанного на фиг.3-5.

Фиг.7 иллюстрирует совокупность шестиугольных проходов, которые можно применять для снижения давления текучей среды.

Фиг.8 в перспективном изображении иллюстрирует участок варианта устройства для снижения давления текучей среды, содержащий множество проходов, у каждого из которых имеются вогнутые или криволинейные стороны.

На фиг.9 и 10 проведено сопоставление смоченных периметров одного из проходов, показанных на фиг.8, и прямоугольного прохода сходного размера.

Фиг.11 и 12 иллюстрируют другие модификации проходов с изогнутыми сторонами,

пригодные для применения в устройствах снижения давления текучей среды, представленных в данном описании.

Фиг.13 в перспективном изображении иллюстрирует участок одного из вариантов устройства для снижения давления текучей среды, содержащий множество проходов в форме звезды, каждый из которых имеет несколько прямолинейных сторон.

Фиг.14 с пространственным разделением компонентов и в перспективном изображении иллюстрирует один из вариантов устройства для снижения давления текучей среды, содержащий несколько вставленных друг в друга цилиндров, которые формируют множество каналов, причем каждый из цилиндров имеет, по меньшей мере, два прохода, различающиеся по форме.

Фиг.15А и 15В соответственно в перспективном изображении и на виде сверху иллюстрируют один из вариантов устройства для снижения давления текучей среды, сформированный с применением множества дисков, уложенных в стопу, и имеющий множество двенадцатиугольных проходов.

Фиг.16 иллюстрирует один из вариантов клапана в сборе, который можно применять совместно с устройствами снижения давления текучей среды, представленными в данном описании.

Осуществление изобретения

Примеры устройств снижения давления текучей среды, представленные в данном описании, могут найти применение для понижения шума и/или давления, генерируемых в технологической текучей среде (например, в газе или жидкости), используемой в соответствующей гидро- или пневмосистеме. В отличие от известных устройств такого назначения, имеющих круглые или прямоугольные проходы, предлагаемые устройства сконструированы с использованием проходов, смоченные периметры которых больше, чем у известных вариантов. При этом указанные проходы, кроме увеличенного смоченного периметра, обеспечивают в то же время формирование каналов для текучей среды с проходами, у которых площади поперечного сечения, по существу, равны (эквивалентны) этому же параметру для проходов в известных устройствах. Другими словами, по сравнению с известными устройствами такого назначения, имеющими, по существу, круглые или прямоугольные проходы, в представленных в данном описании устройствах используются проходы, имеющие увеличенные отношения смоченный периметр/площадь.

Как более подробно будет описано далее, увеличение указанного отношения существенно улучшает свойства прохода, определяющие снижение шума. Смоченные периметры проходов круглой или прямоугольной формы, сформированных в известных устройствах, по своей природе ограничены требованием уменьшения шума текучей среды при одновременном поддержании адекватной пропускной способности. Таким образом, для увеличения смоченных периметров таких проходов приходится повышать габаритный объем или размеры прохода. Однако это повышение уменьшает отношение смоченный периметр/площадь и воздействует на другие факторы, в том числе на свойства прохода, связанные с гашением шума.

В некоторых примерах осуществления изобретения описанные ниже устройства для снижения давления текучей среды можно сконструировать, используя проходы, которые формируют асимметричные отверстия и/или имеют вогнутые или изогнутые стороны (кромки). В частности, по сравнению с проходами в известных устройствах описанные далее варианты проходов характеризуются относительно более высокими отношениями смоченный периметр/площадь. Предусмотрена возможность выбрать

для некоторых из них конфигурацию расположения в виде чередующегося инвертированного или поворотного паттерна, увеличивающего плотность распределения проходов (например, количество проходов, сформированных в данном участке устройства). В результате повышается отношение суммарный смоченный периметр/площадь для устройства в целом. Увеличение указанного отношения для каждого прохода (и, таким образом, для всего устройства) и/или формирование большего количества проходов в данном устройстве позволяют поддерживать или повышать его пропускную способность одновременно с более эффективным гашением шума вследствие соответствующего снижения давления.

Детальное рассмотрение фиг.1 показывает, что устройство 200 для снижения давления текучей среды сконструировано с применением полого цилиндра 202. Указанный цилиндр имеет цилиндрическую стенку 208 с внутренней поверхностью 204 (поверхностью, задаваемой внутренним диаметром) и наружной поверхностью 206 (поверхностью, задаваемой наружным диаметром). Кроме того, в цилиндре 202 имеются первая торцевая (верхняя) поверхность 210 и противолежащая ей вторая торцевая (нижняя) поверхность (не показана). Цилиндр 202 содержит также множество каналов 212 треугольной формы, проходящих через стенку 208.

Конкретная структура указанных каналов 212 представляет собой треугольные проходы 214 (или в более общем случае отверстия), имеющие прямолинейные боковые кромки (стороны), которые формируют треугольное отверстие. В приведенном примере конструкции с направлением потока текучей среды от внутренней поверхности 204 к наружной поверхности 206 концы проходов 214, выходящие на внутреннюю и наружную поверхности 204 и 206, являются соответственно входными и выходными отверстиями.

Хотя в проиллюстрированном примере в устройстве 200 использован один цилиндр 202, в альтернативном варианте, более подробно описанном далее, оно может состоять из двух или нескольких соосных (т.е. концентрично вставленных друг в друга) цилиндров (см., например, устройство 1400, представленное на фиг.14), причем, по меньшей мере, в одном из них имеются треугольные каналы 212 и/или какие-то другие модификации каналов, рассмотренные в данном описании. В других альтернативных примерах осуществления устройство 200 можно сконструировать с применением множества колец, уложенных в стопу (см., например, устройство 1500, представленное на фиг.15A и 15B), причем, по меньшей мере, некоторые из колец используются для формирования треугольных каналов 212 и/или каких-то других модификаций каналов, представленных в данном описании.

В альтернативных примерах осуществления устройства для снижения давления текучей среды по настоящему изобретению можно сформировать, используя, по существу, полые или трубчатые конструкции, в которых формы поперечного сечения отличаются от круга. В частности, такие устройства могут состоять из полых конструкций с эллиптическими или любыми другими конфигурациями поперечного сечения. Однако для наглядности настоящее описание ограничено только устройствами, при конструировании которых использованы полые цилиндры, имеющие, по существу, круглые поперечные сечения.

Хотя треугольные проходы 214, сформированные такими же каналами 212, показаны на чертежах проходящими насквозь к внутренней и наружной поверхностям 204 и 206 соответственно, в других примерах осуществления предусмотрена возможность сформировать такую систему на поверхностях, лежащих внутри цилиндрической стенки 208, т.е. сделать указанные проходы невидимыми при

рассмотрении снаружи цилиндра 202 (т.е. от поверхностей 204 и 206). В частности, входным и выходным отверстиям, выходящим на указанные поверхности 204, 206, можно придать форму, отличающуюся от формы соответствующего канала (например, треугольного канала 212), расположенного внутри стенки 208. В конфигурации, состоящей из вставленных друг в друга цилиндров (например, в устройстве 1400, показанном на фиг.14), цилиндр 202 можно вставить между внутренним и наружным цилиндрами (т.е. цилиндрами 1402 и 1406), у которых форма входных/выходных проходов отличается от треугольной конфигурации проходов 214 в цилиндре 202. Дополнительно или в порядке альтернативы, устройство 200 можно сконструировать, используя проходы, у которых форма отверстий отличается от треугольной (имеются в виду, например, формы, описанные далее, или любые другие конфигурации). В принципе, это может быть форма с одной или несколькими вершинами (например, с тремя вершинами для треугольника, одной вершиной для каплевидной формы и т.д.).

В инвертированной схеме, использованной для размещения треугольных проходов 214 на фиг.1, основание каждого инвертированного (перевернутого) прохода находится на одной линии с вершиной соседнего неинвертированного прохода, лежащего в том же ряду. Однако в альтернативном варианте осуществления устройство 200 выполнено при размещении треугольных проходов 214 с использованием другого варианта инвертированной схемы 250, представленного на фиг.2. Как видно из фиг.2, некоторые из проходов 214 инвертированы и смещены относительно остальных. При таком расположении основания инвертированных проходов не находятся на одной горизонтальной линии с вершинами соседних неинвертированных проходов, лежащих в том же ряду. Наличие инвертированных и смещенных проходов (например, в инвертированной схеме 250) позволяет сформировать относительно большее количество треугольных проходов 214 внутри данной зоны и увеличивает расход текучей среды через устройства для снижения ее давления.

Инвертированные и смещенные проходы существенно уменьшают или вообще исключают из конструкции непрерывные участки материала между рядами проходов и позволяют обеспечить плавное увеличение потока через устройство для снижения давления текучей среды, когда заслонка или затвор клапана (например, затвор 1602 клапана 1600, показанного на фиг.16) открывают, при своем вертикальном подъеме, проходы 214, позволяя потоку текучей среды проходить через них. Например, как показано на фиг.2, при смещении треугольных проходов 214 относительно друг друга как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях отсутствует расположенный по окружности непрерывный участок 252 материала, показанный пунктиром. Схемы, в которых проходы смещены в обоих указанных направлениях, можно применять для проходов любого типа, тем самым существенно сокращая или вообще устраняя круговые непрерывные участки материала между рядами проходов. В частности, как показано на фиг.7, в системе гексагональных (шестиугольных) проходов 702, смещенных относительно друг друга как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, нет показанного пунктиром кругового непрерывного участка 704 материала.

В примере, проиллюстрированном на фиг.2, инвертированная схема 250 не имеет абсолютного характера. Более конкретно, конфигурации элементов некоторых соседних рядов не идентичны или не соотносятся друг с другом в виде прямой инверсии. Кроме того, конкретный ряд может содержать смежные проходы, которые,

по существу, не инвертированы относительно друг друга. Например, как видно из фиг.2, смежные проходы 254 и 256 по отношению друг к другу не инвертированы, однако проход 256 инвертирован относительно прохода 258, который лежит в том же ряду, что и проходы 254 и 256.

Предусмотрена возможность сконструировать устройство 200 снижения давления текучей среды, используя проходы, которые формируют отверстия различающейся формы. Некоторые из таких отверстий можно выбрать согласно примерам, приведенным в данном описании. В частности, в альтернативных примерах осуществления устройство 200 можно сконструировать с применением комбинации проходов, в которую входят треугольные проходы 214 и проходы, имеющие шестиугольные отверстия (например, шестиугольные проходы 702 - см. фиг.7).

В проиллюстрированных примерах осуществления треугольные каналы 212 формируют тракты для течения текучей среды между внутренней и наружной поверхностями 204 и 206 соответственно цилиндрической стенки 208, обеспечивающие управляемое прохождение технологических текучих сред между этими поверхностями. В некоторых примерах осуществления каждый из треугольных каналов 212 может формировать единичный тракт для текучей среды. В таких вариантах вся технологическая текучая среда, поступающая через один конец (например, через конец, находящийся на внутренней поверхности 204) одного из каналов 212, будет выходить из другого конца (например, из конца, находящегося на наружной поверхности 206) того же канала 212.

Треугольные каналы 212 сформированы в цилиндре 202 в соответствии с паттерном, который по сравнению с известными устройствами снижения давления текучей среды существенно увеличивает смоченный периметр, соотносящийся с устройством 200. В частности, как видно из фиг.1, каналы 212 образуют паттерн с чередующимися взаимно инвертированными каналами. Так, первый треугольный канал 212, имеющий исходную ориентацию (например, такую, в которой вершина треугольного отверстия направлена в сторону верхней поверхности 210), расположен рядом со вторым треугольным каналом 212, сформированным в виде перевернутого элемента, т.е. имеющего инвертированную ориентацию (например, такую, в которой вершина треугольного отверстия направлена в сторону нижней поверхности цилиндра 202).

Как показано на фиг.1, чередование взаимно инвертированных треугольных каналов 212 позволяет уменьшить пространство, расстояние или количество материала между каналами, т.е. они расположены ближе друг к другу. При таком размещении в цилиндре 202 можно сформировать относительно большее количество каналов, чтобы увеличить в устройстве 200 суммарный смоченный периметр и отношение указанного периметра к площади (например, к площади поверхности самого цилиндра). В результате улучшаются не только параметры устройства 200, связанные с гашением шума, но и его пропускная способность (за счет повышения общего числа проточных каналов, приходящихся на единицу площади поверхности).

Предусмотрена возможность изготовить устройство 200 из материала любого типа или из комбинации таких материалов, в том числе из металлических и/или неметаллических. В дополнение к сказанному, чтобы получить любые желаемые диаметр и длину, для изготовления такого устройства возможно применение одной или нескольких соответствующих технологий. Перечень указанных технологий может содержать, например, литье по выплавляемым моделям, прецизионное литье, лазерную резку, резку водяной струей, электроразрядную обработку, порошковую

металлургию (ПМ), металлическое литье под давлением (МЛД), кислотное травление, вытягивания трубы и/или любую другую пригодную технологию. Все перечисленные варианты хорошо известны специалистам в этой области.

5 Названные технологические процессы обеспечивают возможность нескольких вариантов изготовления цилиндров. Один из примеров такого процесса включает формирование каналов внутри прямоугольного куска плоской заготовки посредством лазерной резки, гибку указанной заготовки и сваривание ее концов с получением цилиндра. Как уже упоминалось, для удлинения каналов и улучшения параметров
10 гашения за счет увеличения числа стадий падения давления предусмотрена возможность изготовления многокомпонентных цилиндров, собранных концентричным (соосным) образом. Другой предлагаемый способ включает литье по выплавляемым моделям, при котором расплавленный металл заливают в керамическую форму. Указанный способ позволяет обеспечить одновременное
15 получение многокомпонентных цилиндров в рамках крупносерийного поточного производства, причем без использования значительных объемов производственного оборудования, т.е. с относительно низкими накладными расходами. Некоторые из перечисленных выше процессов, такие, например, как ПМ и МЛД, при изготовлении
20 устройства 200 позволяют использовать материалы, которые недоступны в виде плоских заготовок. В частности, для некоторых, а возможно, и для всех перечисленных или подобных процессов можно использовать неметаллические материалы, такие, например, как керамика различных типов.

25 На фиг.3-5 проведено сопоставление проходов, применяемых в известных устройствах снижения давления текучей среды, и треугольных проходов 214 устройства 200, показанного на фиг.1. В частности, на фиг.3 изображены круглые проходы 302, конфигурация расположения которых типична для известных устройств указанного назначения. В порядке альтернативы на этом же чертеже представлены
30 треугольные проходы 214, конфигурация расположения которых отвечает чередующейся инвертированной схеме и применяется для сокращения пространственного промежутка между всеми каналами 212 в предлагаемом устройстве 200.

Как показано на фиг.4, общая площадь поверхности, занимаемая одним
35 треугольным проходом 214 (соответствующим одному треугольному каналу 212), состоит из отверстия 304 и охватывающего его периферийного участка 306, причем указанная площадь, по существу, примерно равна или эквивалентна общей площади поверхности, занимаемой круглым проходом 302 и состоящей из отверстия 308 и
40 периферийного участка 310. Однако при использовании расположения в виде чередующейся инвертированной схемы, как это показано на фиг.1-3, можно существенно уменьшить толщину или размер (а также площадь поверхности) промежуточного участка 312 (см. фиг.3) между двумя соседними треугольными проходами 214. Кроме того, хотя площадь отверстия 304 треугольного прохода 214 в
45 соответствии с фиг.3 равна площади отверстия 308 круглого прохода 302 (составляющей, например, $0,08 \text{ см}^2$), набор чередующихся взаимно инвертированных треугольных проходов 214 (например, на фиг.3 показаны три из них) по сравнению с набором круглых проходов 302 требует меньшей общей площади поверхности
50 цилиндра 202, несмотря на то, что минимальная ширина 316 промежуточной стенки между треугольными проходами 214, по существу, равна (эквивалентна) минимальной ширине 318 промежуточных стенок между круглыми проходами 302. В некоторых примерах осуществления ширину 316 и ширину 318 можно соотнести с минимальной

шириной, требуемой для обеспечения конструктивной целостности устройства понижения давления текучей среды во время работы. Конфигурацию расположения в виде чередующейся инвертированной схемы, показанную на фиг.1-3, можно успешно реализовать, применяя треугольные каналы 212 с целью использования участка 306 периферийной поверхности с большей площадью, чтобы увеличить суммарный смоченный периметр устройства 200 (см. фиг.1). Для этого в данном участке цилиндрической стенки 208 формируют существенно большее количество треугольных каналов 212 (например, чтобы обеспечить повышенную плотность распределения проходов), тем самым увеличивая пропускную способность устройства 200 по сравнению с обычным устройством такого же назначения.

В добавление к тому, что конфигурация распределения в виде чередующейся инвертированной схемы облегчает формирование относительно большего числа проходов в устройстве 200 снижения давления текучей среды, треугольный проход 214 по сравнению с круглым проходом 302 имеет повышенное отношение смоченный периметр/площадь. Как показано на фиг.3, у прохода 214 смоченный периметр и площадь составляют соответственно 1,28 см и 0,08 см², т.е. указанное отношение равно 16. В то же время для круглого прохода 302 оно составляет 12,5, т.е. существенно меньшую величину.

Характерное для треугольного прохода 214 повышенное отношение смоченный периметр/площадь соответствует также относительно заниженным (по сравнению с аналогичными параметрами круглого прохода 302) величинам гидравлического диаметра (hydraulic diameter, d_H) и коэффициента F_D модификации режима работы управляющего клапана. Первая из указанных величин используется в качестве характеристики размера отверстия (например, выходного или входного отверстия для текучей среды), образованного каналом (например, треугольным каналом 212) на цилиндрической поверхности. Диаметр d_H особенно полезен в качестве характеристики размера некруглых отверстий, причем его можно определить, используя приведенное далее уравнение 1.

$$\text{i. Уравнение 1 } d_H = \frac{4 \times A}{I_w},$$

где I_w - смоченный периметр.

Как показано в уравнении 1, гидравлический диаметр d_H задается отношением площади A поперечного сечения канала, увеличенной в четыре раза, к смоченному периметру (в частности, показанную на фиг.4 площадь отверстия 304 умножают на 4 и делят на смоченный периметр I_w отверстия).

В дополнение к сказанному, коэффициент F_D модификации режима работы управляющего клапана представляет собой показатель, прямо пропорциональный параметрам прохода, относящимся к гашению шума, и, таким образом, характеризующий относительное количество шума, которое проход способен погасить. В частности, чем ниже указанный коэффициент, тем большее количество шума гасится проходом. Для конкретного прохода коэффициент F_D можно определить, используя приведенные далее уравнения 2 и 3.

$$\text{ii. Уравнение 2 } F_D = \frac{d_H}{d_O}$$

$$\text{iii. Уравнение 3 } d_O = \sqrt{\frac{4 \times N_O \times A}{\pi}}.$$

Из уравнения 2 следует, что соотносящийся с проходом коэффициент F_D модификации режима работы управляющего клапана можно определить, разделив гидравлический диаметр d_H отверстия (например, одного из треугольных проходов 214, показанных на фиг.1) на эквивалентный диаметр d_O круглого отверстия. Как это хорошо известно специалистам в данной области, диаметр эквивалентного круглого отверстия d_O - это диаметр круглого отверстия, имеющего ту же площадь. Как видно из уравнения 2, величину d_O можно определить, сформировав первый член в виде четырехкратного количества проходов ($4 \times N_O$), умножив его на площадь (A) поверхности отверстия данной формы с получением второго члена в виде ($4 \times N_O \times A$), разделив полученный результат на π с получением частного в виде $\left(\frac{4 \times N_O \times A}{\pi} \right)$ и извлекая из указанного частного квадратный корень

$$\left(\sqrt{\frac{4 \times N_O \times A}{\pi}} \right).$$

Коэффициент F_D модификации режима работы управляющего клапана можно применять для проектирования отверстий, использование которых по сравнению с известными отверстиями приводит к относительно большему понижению шума текучей среды. Важно, что величина указанного коэффициента прямо пропорциональна гидравлическому диаметру d_H . Максимальная частота, которую можно эффективно погасить с помощью прохода, обратно пропорциональна его гидравлическому диаметру d_H и, таким образом, коэффициенту F_D прохода. Проходы с относительно более низкой частотой отсечки подавляют относительно большее количество шума.

Проход эффективно гасит шум, соотносимый с частотами, которые лежат выше частоты отсечки для этого прохода. По сравнению с проходами, обладающими относительно более высокими гидравлическими диаметрами d_H , проходы, у которых этот параметр относительно невелик, имеют пониженные частоты отсечки. Таким образом, указанные проходы обеспечивают более эффективное гашение аэродинамического шума, генерируемого потоком текучей среды. Кроме того, проектирование проходов, имеющих относительно уменьшенные гидравлические диаметры d_H , позволяет также сформировать в устройстве снижения давления текучей среды большее количество таких проходов, а это повышает пропускную способность устройства.

Хотя площади отверстий треугольного и круглого проходов 214 и 302 соответственно эквивалентны (в данном случае, например, указанная площадь равна $0,08 \text{ см}^2$, а эквивалентный поперечный размер d_O треугольного прохода равен диаметру d круглого прохода 302 и составляет $0,32 \text{ см}$), треугольный проход 214 характеризуется более низким коэффициентом F_D модификации режима работы управляющего клапана и более высоким смоченным периметром СП.

Фиг.5 представляет проходы 502, имеющие прямоугольную форму в типичной конфигурации размещения, используемой в известных устройствах снижения давления текучей среды, а также несколько треугольных проходов 214, конфигурация расположения которых отвечает чередующейся инвертированной схеме. В частности, на указанном чертеже суммарный смоченный периметр и полная площадь прямоугольных проходов 502 сопоставляются с аналогичными параметрами треугольных каналов 212 при соблюдении условия равенства размеров

соответствующих площадей, в границах которых сформированы данные наборы проходов обоих указанных типов. В проиллюстрированном примере прямоугольные проходы 502 имеют такие же значения основания и высоты, что и треугольные проходы 214.

Хотя смоченный периметр прямоугольного прохода 502 больше аналогичного параметра треугольного прохода 214 (соответственно 1,58 см и 1,28 см), расположение проходов 214 согласно конфигурации, отвечающей чередующейся инвертированной схеме (см. фиг.3 и 5), приводит к более высокому значению суммарного смоченного периметра, равному 6,02 см, чем у трех прямоугольных проходов 502, пространственно отделенных друг от друга на такое же расстояние, сформированных в границах эквивалентной площади и имеющих смоченный периметр 4,73 см. Кроме того, поскольку по сравнению с прямоугольным проходом 502 треугольные проходы 214 имеют уменьшенный гидравлический диаметр d_H и увеличенное отношение смоченный периметр/площадь, они гасят шум текучей среды более эффективно.

Фиг.6 иллюстрирует особенности асимметрии отверстия (например, отверстия одного из треугольных проходов 214, показанных на фиг.1), сформированного одним из треугольных каналов 212, представленных на том же чертеже. В частности, согласно фиг.6 площадь указанного прохода состоит из первого и второго участков P1 и P2, обозначенных соответственно как 602 и 604 и имеющих различающиеся размеры. Как видно из чертежа, граница между указанными участками проходит по плоскости 606, пересекающей точку 608 прохода 214, соответствующую его центроиду (центру масс). Площади некоторых конфигураций отверстий (как представленных в данном описании, так и не представленных, но попадающих в границы идеи и объема приведенных примеров) могут состоять, по меньшей мере, из двух участков (например, участков P1/602 и P2/604), имеющих неэквивалентные размеры и разделяющихся плоскостью (например, плоскостью 606), которая пересекает центроид (например, точку 608) отверстия.

Фиг.7 иллюстрирует множество шестиугольных проходов 702, которые пригодны для применения при осуществлении устройства для снижения давления текучей среды (например, устройства 200, показанного на фиг.1). В частности, как показано на чертеже, проходы 702 можно расположить согласно схеме сотового типа. В такой схеме уменьшается ширина промежуточных стенок 706 между проходами и, таким образом, увеличивается количество проходов, которые можно сформировать в данном участке устройства. Кроме того, шестиугольное отверстие по сравнению с прямоугольным или круглым отверстиями с подобной или идентичной площадью характеризуется более высоким отношением смоченный периметр/площадь и пониженным коэффициентом F_D модификации режима работы управляющего клапана. По сравнению с круглыми и прямоугольными проходами (например, проходами 302 и 502, показанными соответственно на фиг.3 и 5) такая особенность указанных параметров позволяет шестиугольным проходам 702 гасить шумы в более широких частотных интервалах.

Фиг.8 в перспективном изображении иллюстрирует участок одного из вариантов устройства 800 для снижения давления текучей среды. Данный участок содержит множество проходов 802, каждый из которых характеризуется отверстием 902 с вогнутым профилем, показанным на фиг.9 и 10. Представленный профиль соответствует прямоугольному отверстию с вогнутыми, изогнутыми участками периметра (боковыми кромками). Однако вместо таких отверстий 902 или в

добавление к ним предусмотрена возможность применения и других конфигураций отверстий, имеющих вогнутые или изогнутые участки (кромки) периметра. Имеются в виду отверстия, например, по существу, треугольные, шестиугольные, в форме звезды, полумесяца и других многоугольных конфигураций. В частности, можно использовать
 5 отверстие 100 в форме вогнутого треугольника и/или шестиугольное отверстие 1100, представленные соответственно на фиг.11 и 12.

В общем случае для предлагаемого применения вогнутое отверстие имеет, по меньшей мере, одну изогнутую сторону (кромку). Такой изгиб увеличивает длину
 10 указанной стороны (кромки) и, таким образом, обеспечивает соответствующий вклад в увеличение суммарного смоченного периметра отверстия. На фиг.9 и 10 проведены сопоставления отверстия 902 вогнутой формы и отверстия 904 с прямолинейными сторонами. Как показано на фиг.9, вогнутый профиль 902 задает зону, для которой, по меньшей мере, один прямолинейный отрезок 903, проходящий между двумя его
 15 точками, выходит за границы периметра. Профиль 904, наоборот, задает зону, для которой прямолинейный отрезок 905, проходящий между двумя его точками, полностью помещается в зоне.

Как видно из фиг.10, отверстие 902 имеет четыре изогнутые стороны 906a-906d, причем длина каждой из них больше, чем у соответствующей прямолинейной стороны
 20 периметра отверстия 904, образованного сторонами 908a-908d. По сравнению с отверстием 904 нелинейность или изогнутость сторон 906a-906d приводит к увеличению смоченного периметра и его отношения к площади, а также к уменьшению коэффициента F_D модификации режима работы управляющего клапана.

Хотя общая площадь поверхности, относящаяся к отверстию 902 (в которую входят площадь 910 самого отверстия и периферийный участок 912), по существу, подобна
 25 или равна площади 914, относящейся к, по существу, прямоугольному отверстию 904, наличие изогнутых сторон 906a-906d обеспечивает для отверстия 902 относительное увеличение смоченного периметра без повышения требуемой общей площади
 30 поверхности (представляющей собой сумму участков 910 и 912).

Фиг.13 в перспективном изображении иллюстрирует участок одного из вариантов устройства 1300 для снижения давления текучей среды, содержащий множество
 35 проходов 1302, каждый из которых формирует отверстие 1304, имеющее, по существу, форму звезды. В представленном примере отверстие 1304 имеет несколько сторон, обеспечивающих по сравнению с известными (например, квадратными и круглыми) проходами увеличение отношения смоченный периметр/площадь и понижение
 40 коэффициента F_D , по существу, при той же общей площади занимаемой поверхности (равной, например, сумме площадей фигурного участка 910 и периферийного участка 912, показанных на фиг.10). В случае проходов, имеющих форму звезды с нечетным количеством лучей, некоторые проходы можно скомпоновать
 (расположить), по существу, в виде неинвертированной конфигурации, а из остальных сформировать, по существу, конфигурацию, инвертированную по отношению к
 45 первой группе.

Предусмотрена возможность разместить проходы 1302 в виде схемы с взаимной подгонкой (например, с взаимозамыканием) типа пазла. В результате в
 50 устройстве 1300 для снижения давления текучей среды формируется относительно большое количество проходов 1302. Хотя представленные на чертеже проходы 1302 имеют отверстия 1304 в форме звезды с конкретными размерами и пропорциями, можно использовать также и другие размеры и/или пропорции.

На фиг.14 с пространственным разделением компонентов и в перспективном

изображении показан еще один вариант устройства 1400 для снижения давления текучей среды. Устройство содержит вставленные друг в друга цилиндры. Как видно из чертежа, в устройстве 1400 имеется первый цилиндр 1402, расположенный внутри второго цилиндра 1404, который, в свою очередь, помещен в третий цилиндр 1406. В проиллюстрированном примере в первом и третьем цилиндрах сформированы соответственно первое и третье множества шестиугольных проходов 1412 и 1416, а во втором цилиндре - второе множество прямоугольных проходов 1414. В данном варианте осуществления проходы 1412 первого цилиндра 1402 и проходы 1416 третьего цилиндра 1406 выполняют функцию соответственно входной и выходной ступней, а проходы 1414 второго цилиндра 1404 функционируют в качестве нагнетательных камер. В дополнение к сказанному, устройства для снижения давления текучей среды можно сконструировать, используя большее или меньшее количество цилиндров и/или проходов, имеющих различные формы. Например, проходам первого цилиндра можно придать форму полумесяца, проходам второго цилиндра - форму звезды, а проходы третьего и четвертого цилиндров можно сделать соответственно двенадцатиугольными и шестиугольными.

На фиг.14 показано также, что первый цилиндр 1402 имеет внутреннюю поверхность 1418, наружную поверхность 1420 и множество радиальных каналов, проходящих между указанными поверхностями, образуя шестиугольные проходы 1412. Второй цилиндр 1404 имеет внутреннюю поверхность 1422, наружную поверхность 1424 и множество радиальных каналов, проходящих между указанными поверхностями, образуя прямоугольные проходы 1414. Третий цилиндр 1406 имеет внутреннюю поверхность 1426, наружную поверхность 1428 и множество радиальных каналов, проходящих между указанными поверхностями, образуя шестиугольные проходы 1416.

В данном случае цилиндры 1402, 1404 и 1406 размещены таким образом, чтобы совокупности их проходов 1412, 1414 и 1416 образовывали предварительно заданные проточные тракты, проходящие через устройство 1400. В проиллюстрированном примере указанное устройство сформировано путем введения, подгонки или запрессовывания второго цилиндра 1404 в третий цилиндр 1406 и первого цилиндра 1402 во второй цилиндр 1404. При таком монтаже значительная часть наружной поверхности 1420 первого цилиндра упирается в такую же часть внутренней поверхности 1422 второго цилиндра, или, как варианты, входит с ней в контакт, и/или механически взаимодействует с ней. Далее наружную поверхность 1424 второго цилиндра устанавливают в положение, примыкающее к внутренней поверхности 1426 третьего цилиндра, приводя значительные участки указанных поверхностей в состояние упора, взаимный контакт и/или механическое взаимодействие.

Проходы 1412, 1414 и 1416, по меньшей мере, частично находятся на одной линии друг с другом, образуя тракты для текучей среды между первым и третьим цилиндрами 1402 и 1406. В результате текучая среда получает возможность проходить от внутренней поверхности 1418 первого цилиндра 1402 через устройство 1400 снижения ее давления к наружной поверхности 1428 третьего цилиндра 1406. Специалист в данной области легко оценит тот факт, что технологическая текучая среда имеет возможность проходить также от наружной поверхности 1428 третьего цилиндра 1406 к внутренней поверхности 1418 первого цилиндра 1402.

Приведенное в качестве примера устройство 1400 представлено в виде конструкции с тремя цилиндрами (например, с цилиндрами 1402, 1404 и 1406, показанными на фиг.14) и с проходами, имеющими шестиугольную и прямоугольную формы. Однако в

альтернативных вариантах осуществления, чтобы сформировать любые желаемые конфигурации трактов для текучей среды, допустимо использование большего или меньшего количества цилиндров, а также любого количества проходов с любыми желаемыми формой и положением.

Фиг.15А и 15В соответственно в перспективном изображении и на виде сверху иллюстрируют один из вариантов устройства 1500 для снижения давления текучей среды, сформированный с применением множества дисков 1501, уложенных в стопу. Каждый диск 1501 имеет периметр 1504 и полую центральную часть 1502 (см. фиг.15В).

Как показано на фиг.15А, указанные диски уложены в стопу и выровнены вдоль продольной оси С, образуя внутреннюю поверхность 1503, наружную поверхность 1505, верхнюю поверхность 1530 и фланец 1540 устройства 1500. В стопе сформировано множество каналов, проходящих между внутренней и наружной поверхностями 1503 и 1505 соответственно. Из фиг.15В видно, что каждый канал может содержать входную часть 1506, выходную часть 1507 и расположенную между ними промежуточную часть 1508. Входная и выходная части 1506 и 1507 соответственно образуют крестообразные двенадцатиугольные проходы 1520, показанные на фиг.15А.

В проиллюстрированном примере для формирования указанных проходов 1520 использовано несколько стоп, состоящих из трех дисков. Одна из них содержит верхний диск 1510, промежуточный диск 1512 и нижний диск 1514. С помощью верхнего и нижнего дисков можно сформировать соответствующие зоны, имеющие квадратное поперечное сечение и одинаковые размеры и образующие верхние и нижние участки прохода 1520. Промежуточный диск 1512 формирует зону с прямоугольным поперечным сечением, площадь которого может равняться, например, удвоенной площади квадратного поперечного сечения любой из указанных зон дисков 1510, 1514. В результате симметричного расположения верхнего и нижнего дисков выше и ниже промежуточного диска 1512 образуются крестообразные двенадцатиугольные проходы 1520. В представленном варианте проходы 1520 формируют, по существу, крестообразные отверстия с конкретными размерами и пропорциями, однако предусмотрена возможность использовать также проходы с другими конфигурациями, размерами и/или пропорциями отверстий. При реализации таких возможных вариантов для понижения шума текучей среды применяют комплекты дисков, уложенных в стопы, обеспечивая при этом относительно высокие отношения смоченный периметр/площадь и относительно низкие значения коэффициентов F_D модификации режима работы управляющего клапана.

В границах, охватываемых настоящим изобретением, лежат также и альтернативные способы изготовления его варианта осуществления, проиллюстрированного на фиг.15А и 15В. Например, в патенте США №6701957 от 09.03.2004, принадлежащем фирме Fisher Controls LLC (содержание которого включено в данное описание посредством ссылки), представлен пример способа изготовления варианта устройства для снижения давления текучей среды с применением множества дисков. Каждый из них для облегчения сборки сформирован из нескольких сплошных заготовок (например, со спиральной конфигурацией), удерживаемых в виде единого целого с помощью перемычки, такой, например, как внутреннее кольцо у полого центрального участка каждого диска. В такой конструкции внутреннее кольцо может удерживать заготовки в нужной позиции, что позволяет относительно легко уложить диски в стопу и скрепить в единое целое. Полый центральный участок устройства приобретает свой окончательный диаметр в

результате удаления внутреннего кольца любым известным методом, например путем хонингования, шлифования или иной механической обработки. В порядке альтернативы или дополнительно, для удерживания дисков в нужном положении во время сборки устройства предусмотрена возможность снабдить их наружными кольцами или одной или несколькими перемычками, проходящими между соседними заготовками.

В альтернативных примерах осуществления устройства 1500, состоящего из дисков, уложенных в стопу, двенадцатиугольные проходы 1520 можно применить для формирования зигзагообразных трактов для текучей среды (см. фиг.15В). Такие тракты можно получить, резко изменяя их направление, как это показано на фиг.15В, или объединяя и/или разделяя тракты на тракты уменьшенного размера (не показаны). Зигзагообразные тракты создают в текучей среде вязкое трение, понижающее ее энергию. В результате скорость текучей среды на указанных участках при движении в сторону выходных отверстий падает, тем самым существенно уменьшая ее давление на выходах, расположенных по периметру дисков. В другом альтернативном варианте осуществления предусмотрена возможность выполнить проточные каналы между двумя дисками устройства указанного типа так, что на каждой поверхности индивидуального диска участок канала формируется таким образом, чтобы сплошная нижняя поверхность следующего диска, расположенного сверху, образовывала верхний участок канала относительно нижнего диска, в котором выполнен нижний участок канала.

Границы настоящего изобретения не ограничены конкретными устройствами, способами и изделиями, приведенными в данном описании в качестве примеров. Напротив, оно охватывает любые устройства, способы и изделия, соответствующие прилагаемой формуле изобретения, как буквально, так и с учетом эквивалентов.

Формула изобретения

1. Устройство для снижения давления текучей среды, содержащее:
 - полую конструкцию, имеющую внутреннюю поверхность и наружную поверхность и состоящую из множества дисков, уложенных в стопу, и
 - множество каналов, проходящих между внутренней и наружной поверхностями, причем каждый канал определяет границы прохода, имеющего площадь поперечного сечения и первый смоченный периметр, который больше второго смоченного периметра, соответствующую проходу, имеющему круглую или прямоугольную форму поперечного сечения и такую же площадь поперечного сечения, как у одного из каналов.
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что каждый из проходов, границы которых определены множеством каналов, сформирован рядом с другим проходом, причем первый из проходов представляет собой, по меньшей мере, один проход, выбранный из группы, состоящей из прохода, по существу, инвертированного относительно второго прохода, и прохода, по существу, смещенного относительно второго прохода.
3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что, по меньшей мере, один из проходов, границы которых определены множеством каналов, имеет, по существу, треугольную, шестиугольную или двенадцатиугольную форму.
4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что, по меньшей мере, один из проходов, границы которых определены множеством каналов, имеет, по меньшей мере, одну изогнутую сторону.

5. Устройство по п.1, отличающееся тем, что, по меньшей мере, один из проходов, границы которых определены множеством каналов, представляет собой проход, имеющий форму полумесяца или звезды.

6. Устройство по п.1, отличающееся тем, что, по меньшей мере, два из проходов, границы которых определены множеством каналов, имеют различающиеся формы.

7. Устройство по п.1, отличающееся тем, что, по меньшей мере, один из проходов, границы которых определены множеством каналов, характеризуется коэффициентом модификации режима работы клапана, меньшим, чем у круга, имеющего ту же площадь, что и указанный проход.

8. Устройство по п.1, отличающееся тем, что полая конструкция имеет по существу, круглое поперечное сечение.

9. Устройство для снижения давления текучей среды, содержащее: полую конструкцию, имеющую внутреннюю поверхность и наружную поверхность и состоящую из множества дисков, уложенных в стопу, и множество каналов, проходящих между внутренней и наружной поверхностями таким образом, что каждый канал задает гидравлический диаметр канала, обеспечивающий существенное понижение аэродинамического шума, создаваемого проходящим через него потоком текучей среды.

10. Устройство по п.9, отличающееся тем, что каналы образуют проходы с отверстиями, имеющими, по меньшей мере, на одной из внутренней или наружной поверхности, по существу, форму полумесяца или звезды.

11. Устройство по п.9, отличающееся тем, что каналы образуют проходы с отверстиями, по меньшей мере, на одной из внутренней или наружной поверхности, причем некоторые из проходов, по существу, инвертированы относительно других проходов или, по существу, смещены относительно других проходов.

12. Устройство по п.9, отличающееся тем, что каналы образуют проходы с отверстиями, по меньшей мере, на внутренней или наружной поверхности, причем каждый из проходов имеет смоченный периметр больший, чем у круга, имеющего ту же площадь, что и указанный проход.

13. Устройство по п.9, отличающееся тем, что каналы определяют собой проходы с отверстиями, по меньшей мере, на внутренней или наружной поверхности, причем каждый из проходов характеризуется коэффициентом модификации режима работы клапана меньшим, чем у круга, имеющего ту же площадь, что и указанный проход.

14. Устройство по п.9, отличающееся тем, что полая конструкция имеет, по существу, круглое поперечное сечение.

15. Аппарат для снижения давления текучей среды, содержащий: цилиндр, сформированный с использованием множества дисков, уложенных в стопу, и имеющий поверхность, задаваемую внутренним диаметром, и поверхность, задаваемую наружным диаметром, и

множество проходов, проходящих между указанными поверхностями, причем каждый из проходов имеет отверстие на поверхности, задаваемой наружным диаметром, которое содержит, по меньшей мере, первый и второй участки, разграниченные плоскостью, пересекающей центр тяжести отверстия, и имеющие различающиеся площади.

16. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что, по меньшей мере, одно из отверстий имеет, по меньшей мере, одну изогнутую сторону.

17. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что, по меньшей мере, одно из отверстий имеет, по меньшей мере, одну вершину.

18. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что первое из отверстий, по существу, инвертировано или смещено относительно второго отверстия.

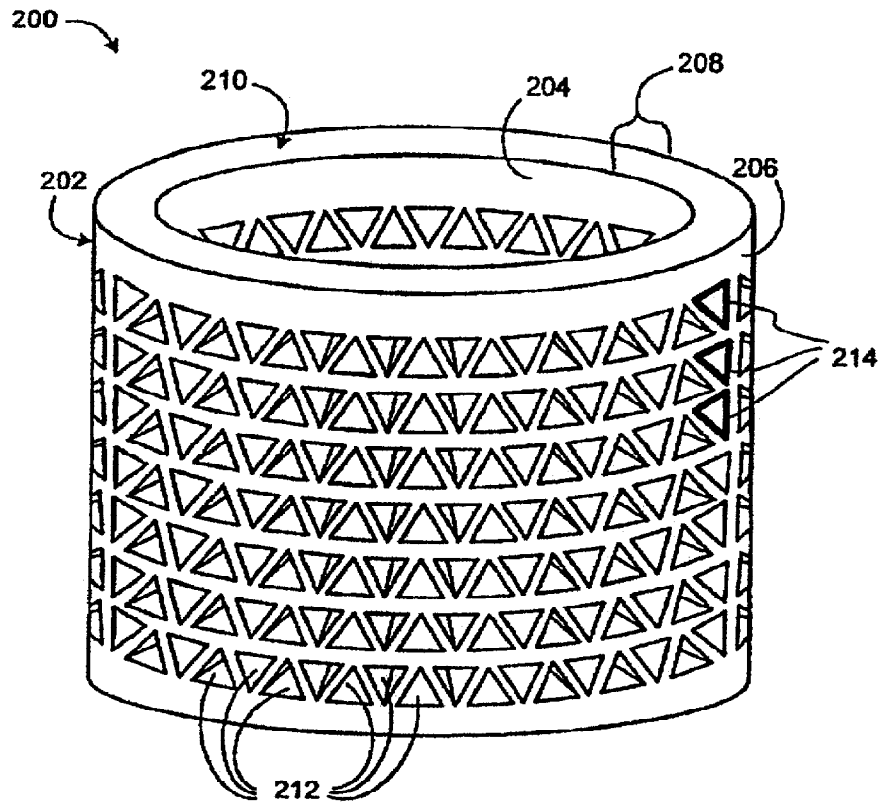
19. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что, по меньшей мере, одно из отверстий имеет, по существу, форму полумесяца или звезды.

20. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что, по меньшей мере, два отверстия имеют различающиеся формы.

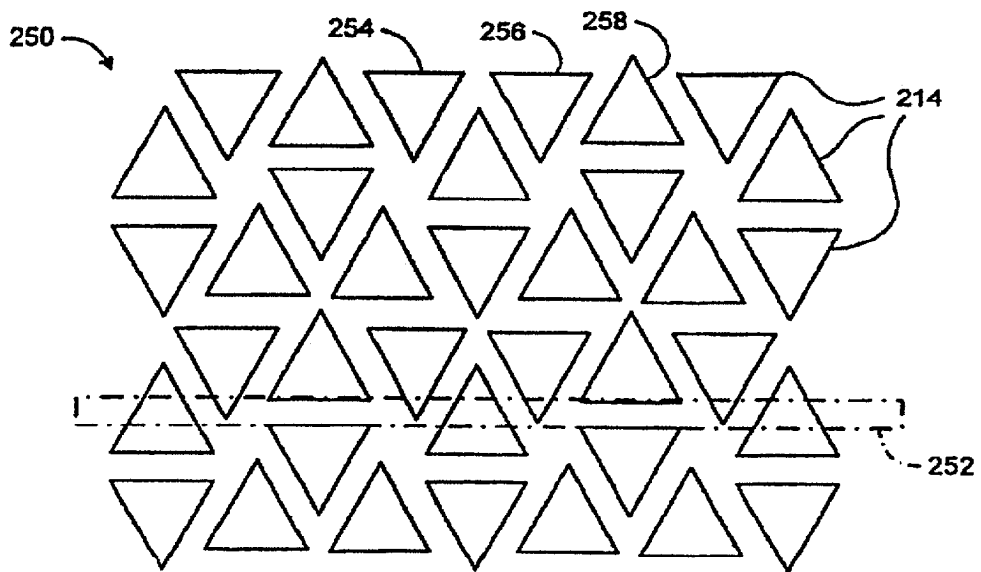
21. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что одно из отверстий имеет смоченный периметр больший, чем у круга, имеющего ту же площадь, что и указанное отверстие.

22. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что, по меньшей мере, одно из отверстий характеризуется коэффициентом модификации режима работы клапана меньшим, чем у круга, имеющего ту же площадь, что и указанное отверстие.

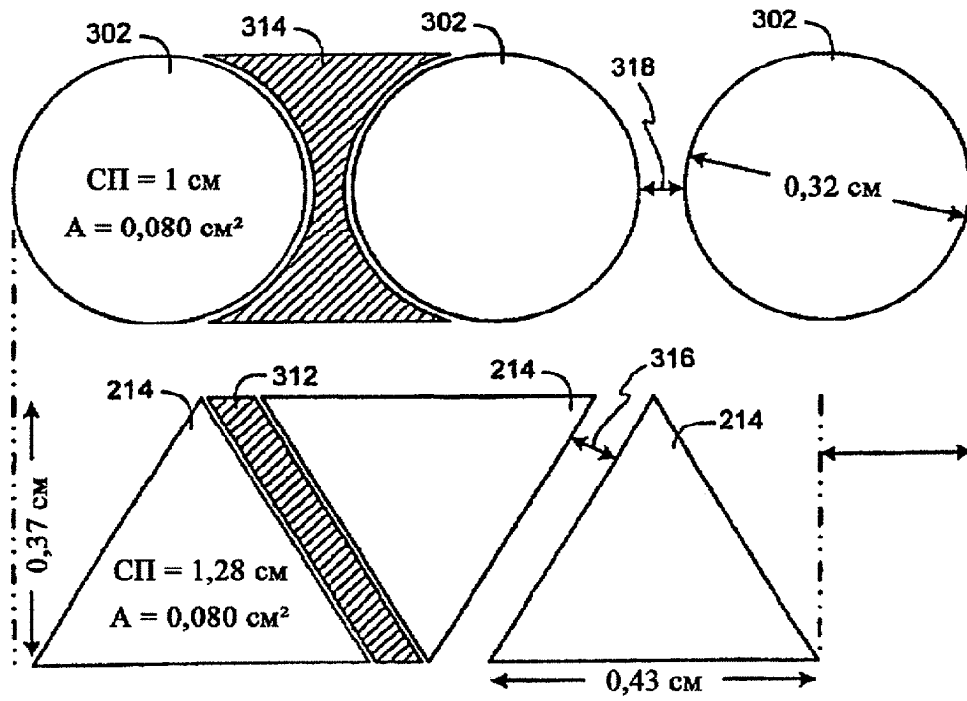
23. Аппарат по п.15, отличающийся тем, что, по меньшей мере, одно из отверстий имеет смоченный периметр больший, чем у круга, имеющего ту же площадь, что и указанное отверстие.



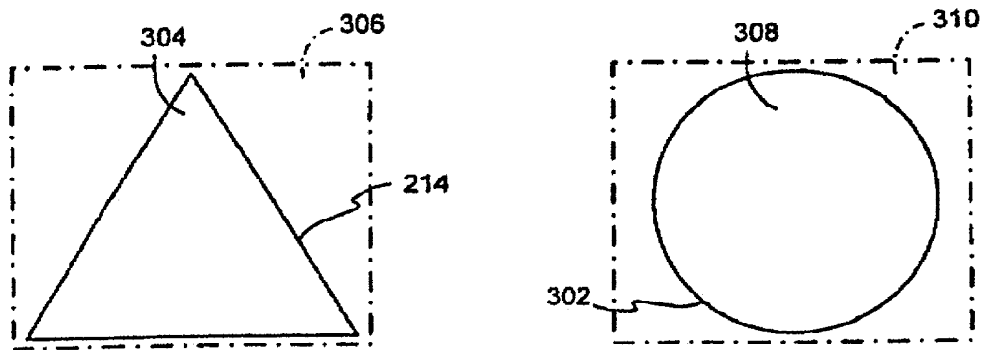
ФИГ. 1



ФИГ. 2



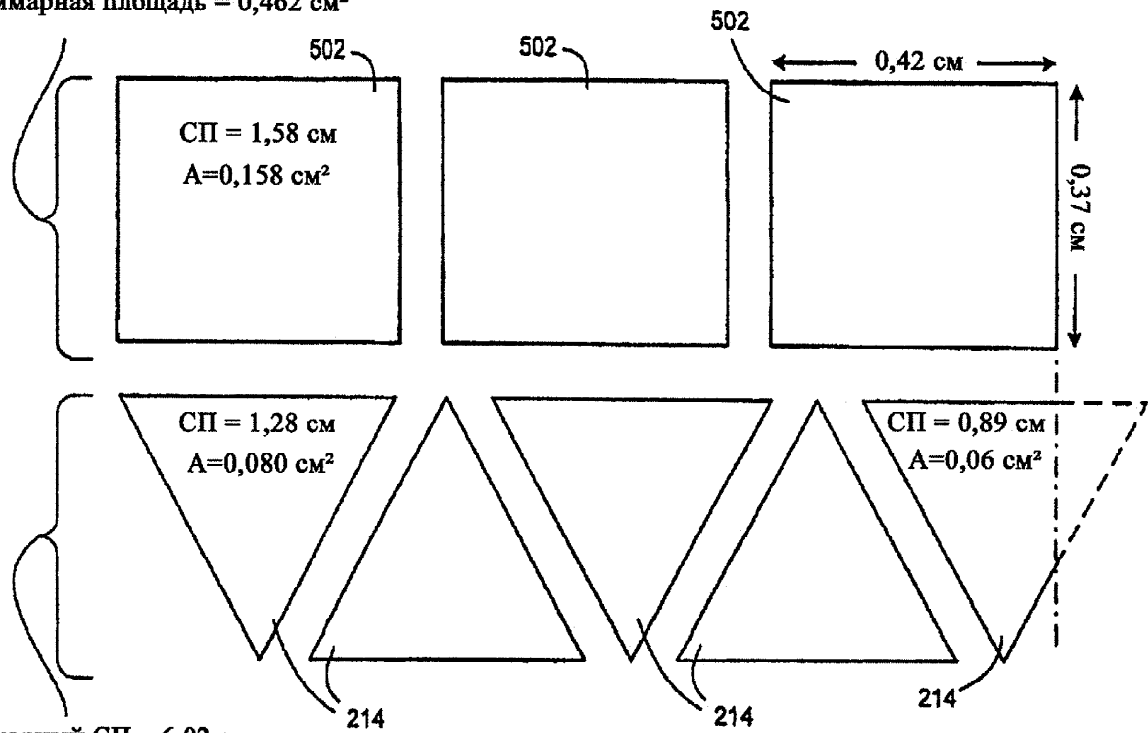
ФИГ. 3



ФИГ. 4

Суммарный СП = 4,732 см

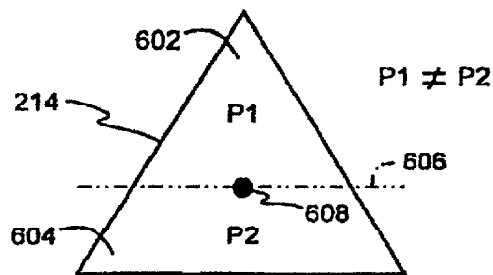
Суммарная площадь = 0,462 см²



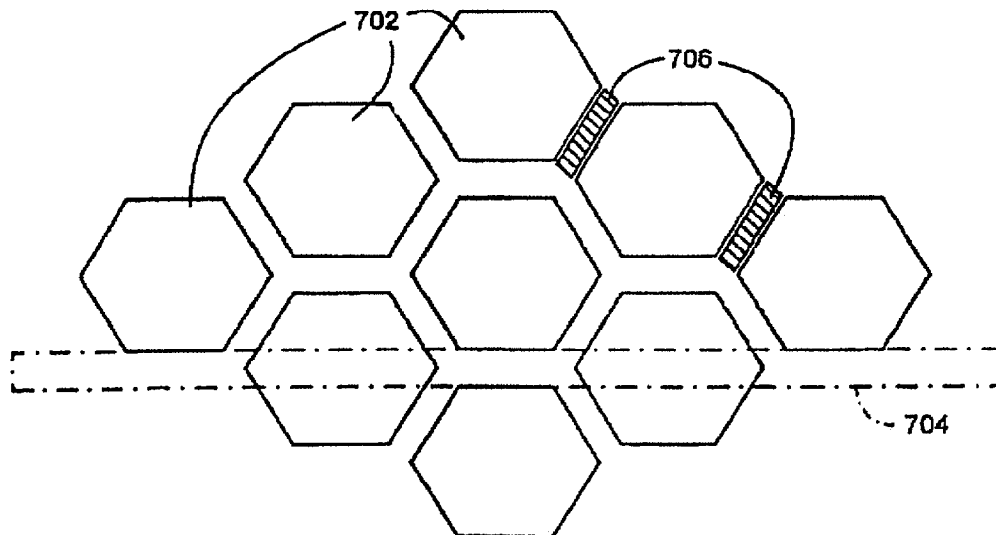
Суммарный СП = 6,02 см

Суммарная площадь = 0,38 см²

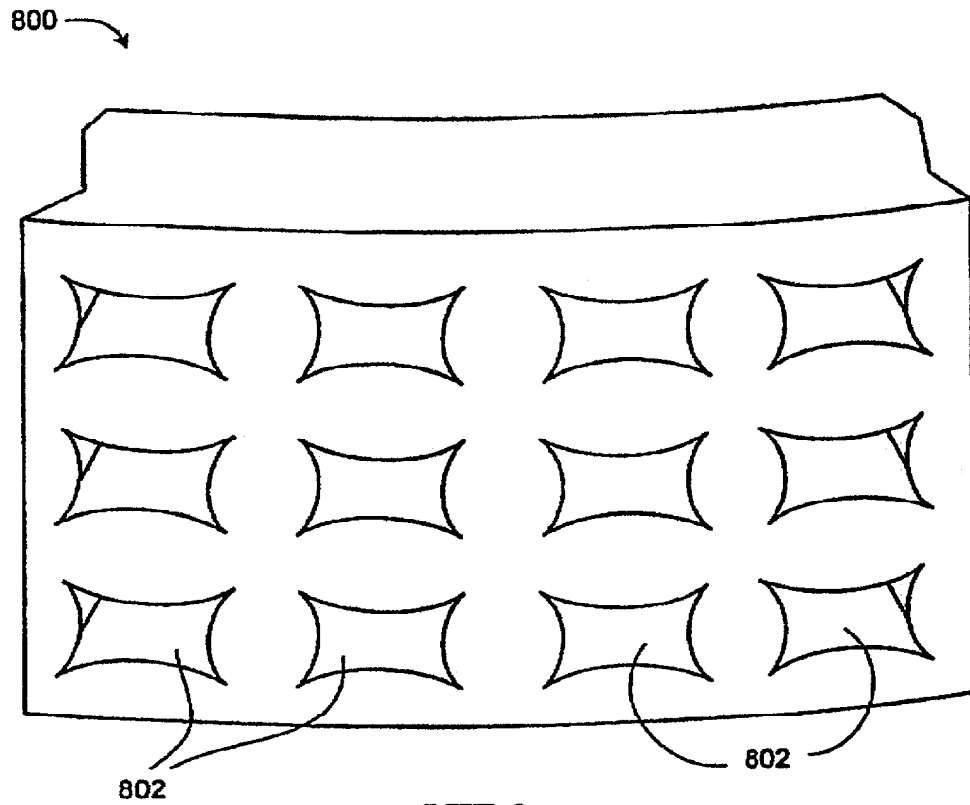
ФИГ. 5



ФИГ. 6



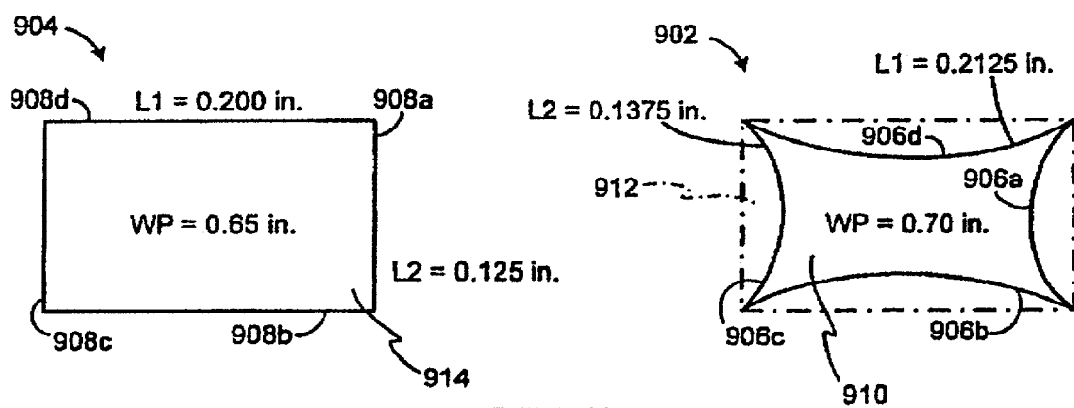
ФИГ. 7



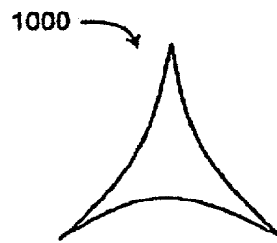
ФИГ. 8



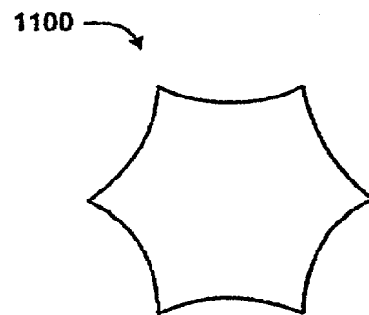
ФИГ. 9



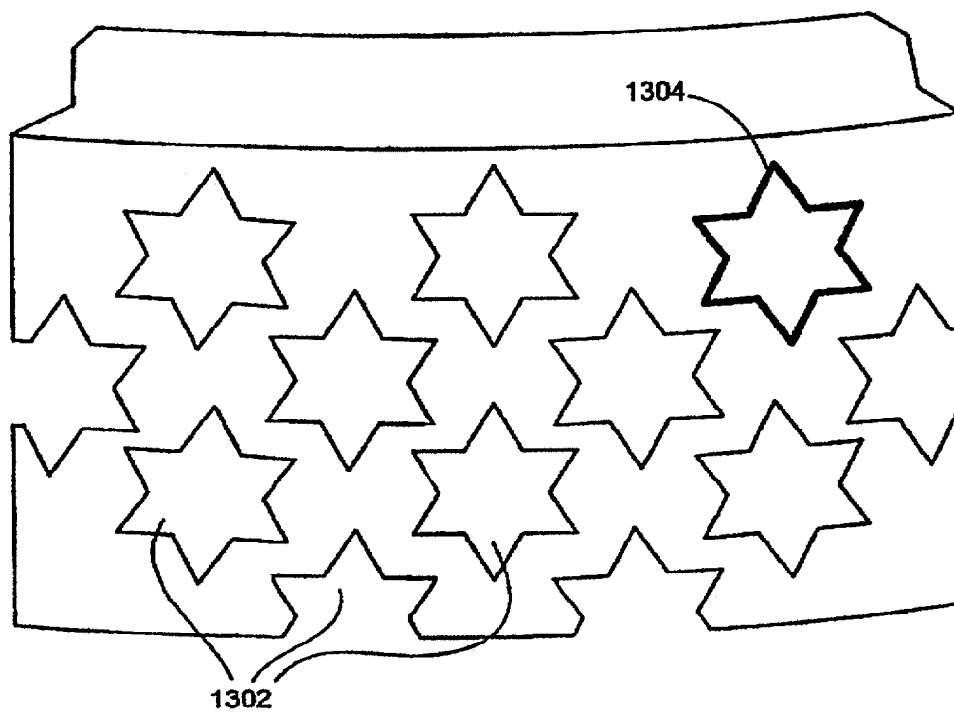
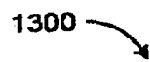
ФИГ. 10



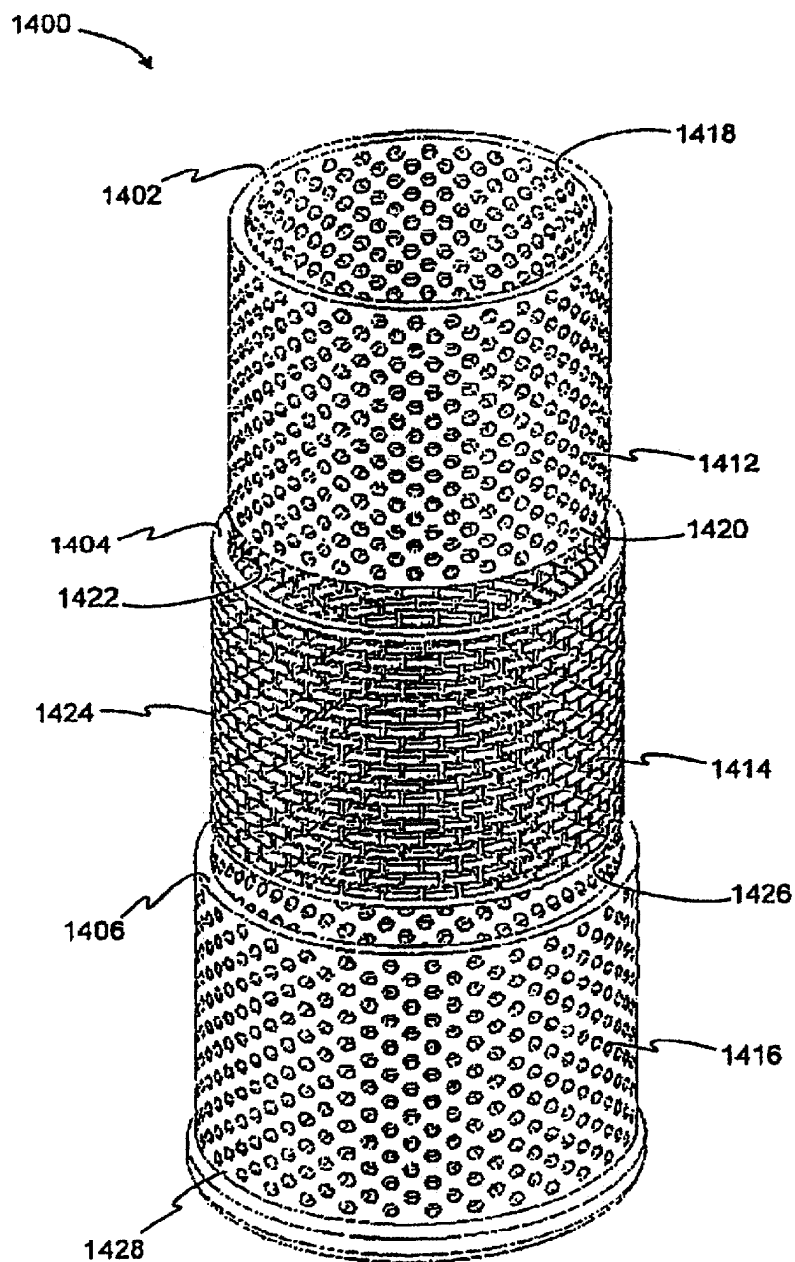
ФИГ. 11



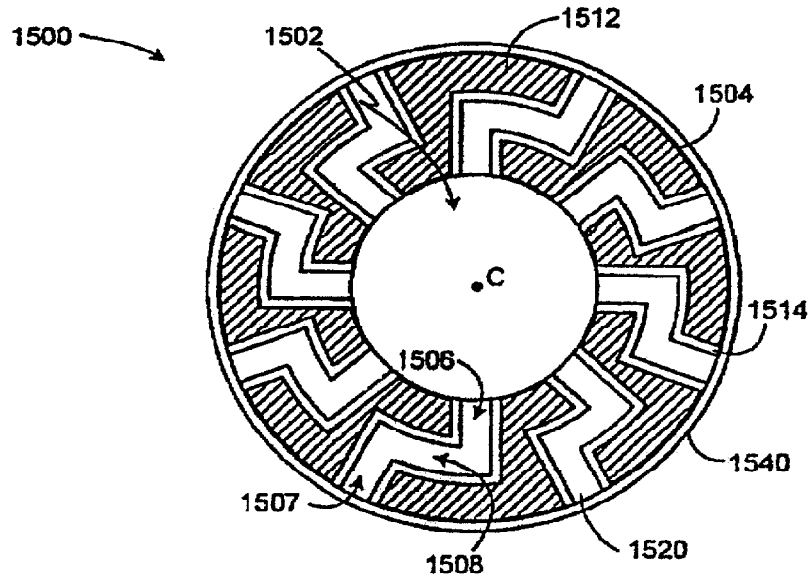
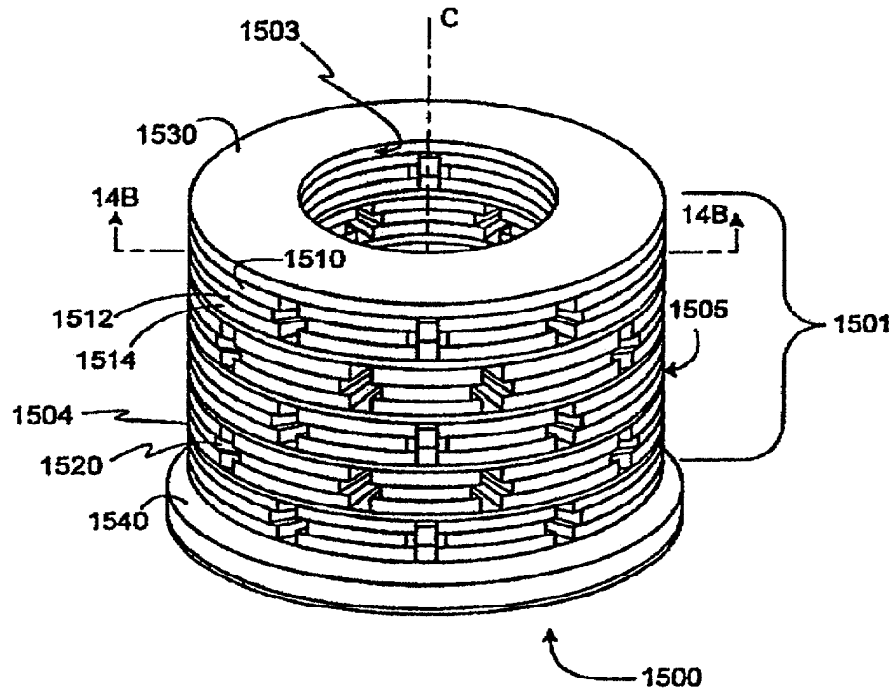
ФИГ. 12

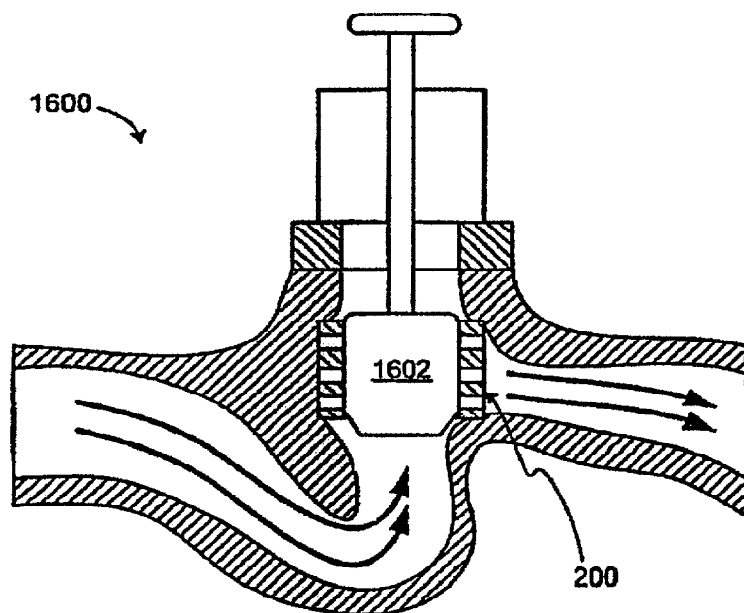


ФИГ. 13



ФИГ. 14





ФИГ. 16