



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014127509/03, 06.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.12.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.12.2011

(45) Опубликовано: 27.04.2016 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: US 2011139453 A1, 16.06.2011. EA  
200900161 A1, 30.06.2009. US 2009266555 A1,  
29.10.2009. US 2011186300 A1, 04.08.2011. US  
2011198097 A1, 18.08.2011.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 07.07.2014(86) Заявка РСТ:  
US 2011/063582 (06.12.2011)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2013/085496 (13.06.2013)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**ФРИПП Майкл Линли (US),  
ДАЙКСТРА Джейсон Д. (US),  
ДЕЙЕСУС Орландо (US)**

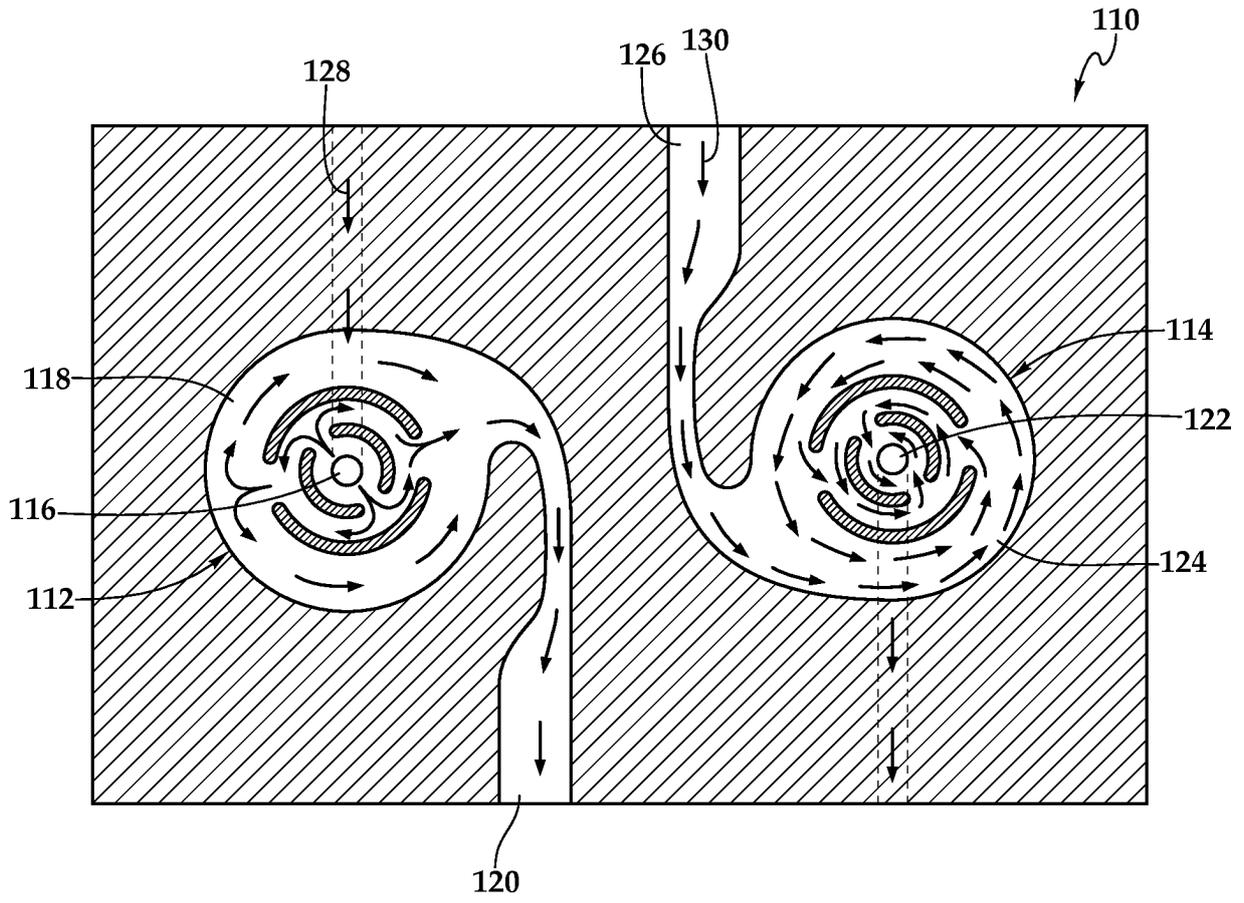
(73) Патентообладатель(и):

**ХЭЛЛИБЕРТОН ЭНЕРДЖИ СЕРВИСИЗ,  
ИНК. (US)**(54) ВНУТРИСКВАЖИННАЯ СИСТЕМА И СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ТЕКУЧЕЙ  
СРЕДЫ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к внутрискважинным системам регулирования расхода текучей среды двустороннего действия и может быть применена для регулирования притока пластовых текучих сред и выходного потока текучих сред нагнетания. Система включает в себя по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания и по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи, установленный параллельно по меньшей мере с одним компонентом регулирования расхода нагнетания. По меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания и по меньшей мере один компонент регулирования

дебита добычи каждый имеют зависящее от направления сопротивление потоку, так что поток текучей среды нагнетания испытывает более высокое сопротивление потоку при прохождении через по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи, чем при прохождении через по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания, и так что поток текучей среды добычи испытывает более высокое сопротивление потоку при прохождении через по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания чем при прохождении через по меньшей мере , один компонент регулирования дебита добычи.



ФИГ.3А

RU 2582604 C1

RU 2582604 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*E21B 43/12* (2006.01)  
*E21B 34/08* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2014127509/03, 06.12.2011**  
 (24) Effective date for property rights:  
**06.12.2011**  
 Priority:  
 (22) Date of filing: **06.12.2011**  
 (45) Date of publication: **27.04.2016** Bull. № 12  
 (85) Commencement of national phase: **07.07.2014**  
 (86) PCT application:  
**US 2011/063582 (06.12.2011)**  
 (87) PCT publication:  
**WO 2013/085496 (13.06.2013)**  
 Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,  
 OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):  
**FRIPP Majkl Linli (US),  
 DAJKSTRA Dzhejson D. (US),  
 DEJESUS Orlando (US)**  
 (73) Proprietor(s):  
**KHELLIBERTON ENERDZHI SERVISIZ,  
 INK. (US)**

(54) **WELL SYSTEM AND METHOD FOR ADJUSTING THE FLOW OF BI-ACTION FLUID**

(57) Abstract:

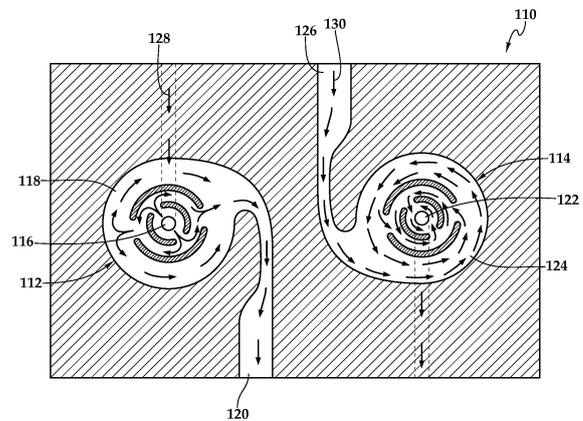
FIELD: oil industry.

SUBSTANCE: group of inventions relates to a downhole flow control system fluid double acting and can be used to regulate the inflow of reservoir fluids and fluid outflow discharge. System includes at least one component of flow control discharge and at least one component of flow control production, arranged in parallel with the at least one component of the discharge flow control. At least one component of flow control discharge and at least one component of flow control production have each depending on the direction of the flow resistance so that the flow of the fluid discharge experience a higher resistance to flow by passing through at least one component of flow control production than passing through at least one component of the discharge flow control, and so the flow of production fluid undergoes a high flow resistance during the passage through at least one component of the

discharge flow control than during the passage through at least one component of the flow control output.

EFFECT: technical result is to increase the efficiency of controlling the flow of fluids into the well.

9 cl, 16 dwg



ФИГ. 3А

RU 2 582 604 C1

RU 2 582 604 C1

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0001] Данное изобретение относится в общем к оборудованию, используемому при эксплуатации подземных скважин, в частности к скважинной системе и способу управления потоком текучей среды, функционально предназначенным для

5 регулирования притока пластовых текучих сред и расхода текучих сред нагнетания.

### ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0002] Без ограничения объема настоящего изобретения предпосылки изобретения описаны ниже на примере нагнетания пара в нефтегазоносный подземный пласт.

[0003] Во время добычи тяжелой нефти, нефти с высокой вязкостью и высокой относительной плотностью в некоторых случаях требуется инжектировать улучшающую извлечение текучую среду в коллектор для улучшения подвижности нефти. Одним типом улучшающей извлечение текучей среды является пар, который можно инжектировать с использованием способа циклического нагнетания пара, обычно называемого добычей из скважины чередующейся с закачкой пара. В такой эксплуатации с циклической обработкой пласта паром для интенсификации притока скважина

10 проходит через циклы нагнетания пара, выдерживания и добычи нефти. На первой стадии высокотемпературный пар нагнетается в коллектор. На второй стадии скважину закрывают для обеспечения распределения тепла в коллекторе для разжижения нефти. Во время третьей стадии разжиженная нефть поступает в скважину и может

15 перекачиваться на поверхность. Данный процесс можно повторять столько, сколько требуется во время жизненного цикла скважины.

[0004] В скважинах с несколькими продуктивными зонами вследствие перепадов давления и/или изменений проницаемости зон, а также потерь давления и тепла в трубной колонне, количество пара, входящего в каждую зону, трудно контролировать. Одним

25 способом, гарантирующим требуемое нагнетание пара в каждую зону, является установление критического режима потока через сопла, связанные с каждой зоной. Критический поток сжимаемой текучей среды через сопла получают, когда скорость потока через критическое сечение сопла сравнивается со скоростью звука в текучей среде в условиях данного места. По достижении скорости звука, скорость и расход

30 текучей среды через сопло не может увеличиваться вне зависимости от изменения условий ниже по потоку. Соответственно, вне зависимости от перепадов давления в кольцевом пространстве в каждой зоне, когда критический поток поддерживается на каждом сопле, количество пара, входящего в каждую зону, является известным.

[0005] Обнаружено, вместе с тем, что получение требуемого расхода нагнетания и профиля давления с помощью реверса через обычные устройства регулирования расхода является практически невозможным. Поскольку компоненты регулирования расхода разработаны для эксплуатационных расходов, попытка реверсировать поток через

35 обычные компоненты регулирования эксплуатационного расхода при расходах нагнетания вызывает неприемлемое падение давления. Соответственно, существует необходимость создания системы регулирования расхода текучей среды с функциональной возможностью регулирования дебита текучих сред для добычи из

40 пласта. Также существует необходимость создания такой системы регулирования расхода текучей среды с функциональной возможностью управления выходным потоком текучих сред из колонны заканчивания в пласт с требуемым расходом для нагнетания.

45 Дополнительно, существует необходимость создания такой системы регулирования расхода текучей среды с функциональной возможностью обеспечения повторяющихся циклов притока пластовых текучих сред и выпуска текучих сред нагнетания.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0006] Изобретение, раскрытое в данном документе, представляет собой внутрискважинную систему регулирования расхода текучей среды и способ регулирования притока текучих сред для добычи из пласта. В дополнение, внутрискважинная система регулирования расхода текучей среды и способ настоящего изобретения функционально выполнены с возможностью регулирования выходного потока текучих сред из колонны заканчивания в пласт с требуемым расходом нагнетания. Дополнительно, внутрискважинная система регулирования расхода текучей среды и способ настоящего изобретения функционально выполнены с возможностью обеспечения повторения циклов притока пластовых текучих сред и создания выходных потоков текучих сред нагнетания.

[0007] В одном аспекте настоящим изобретением создана внутрискважинная система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия. Система включает в себя по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания и по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи, установленный параллельно по меньшей мере с одним компонентом регулирования расхода нагнетания. По меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания и по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи каждый имеет зависящее от направления сопротивление потоку, так что поток текучей среды нагнетания испытывает более высокое сопротивление потоку при прохождении через по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи, чем при прохождении через по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания, и так что поток текучей среды добычи испытывает более высокое сопротивление потоку при прохождении через по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания, чем при прохождении через по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи.

[0008] В одном варианте осуществления по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания может являться гидравлическим неуправляемым вентиляем, создающим большее сопротивление потоку в направлении добычи, чем в направлении нагнетания. В данном варианте осуществления гидравлический неуправляемый вентиль может являться вихревым неуправляемым вентиляем, при этом поток текучей среды нагнетания, входящий в вихревой неуправляемый вентиль, перемещается в основном в радиальном направлении и при этом поток текучей среды добычи, входящий в вихревой неуправляемый вентиль, перемещается в основном в тангенциальном направлении. В другом варианте осуществления по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи может являться гидравлическим неуправляемым вентиляем, создающим большее сопротивление потоку в направлении нагнетания, чем в направлении добычи. В данном варианте осуществления, гидравлический неуправляемый вентиль может являться вихревым неуправляемым вентиляем, при этом поток текучей среды добычи, входящий в вихревой неуправляемый вентиль, перемещается в основном в радиальном направлении, и при этом поток текучей среды нагнетания, входящий в вихревой неуправляемый вентиль, перемещается в основном в тангенциальном направлении.

[0009] В одном варианте осуществления по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания может являться гидравлическим неуправляемым вентиляем, создающим большее сопротивление потоку в направлении добычи, чем в направлении нагнетания в последовательности с соплом, имеющим участок критического сечения и участок диффузора, функционально обеспечивающие критический поток через него. В других вариантах осуществления по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания может являться гидравлическим

неуправляемым вентиляем, создающим большее сопротивление потоку в направлении добычи, чем в направлении нагнетания в последовательности с селекторным клапаном текучей среды. В некоторых вариантах осуществления, по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи может являться гидравлическим неуправляемым вентиляем, создающим большее сопротивление потоку в направлении нагнетания, чем в направлении добычи в последовательности с устройством регулирования притока.

[0010] В другом аспекте настоящим изобретением создана внутрискважинная система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия. Система включает в себя по меньшей мере один нагнетательный вихревой неуправляемый ventиль и по меньшей мере один эксплуатационный вихревой неуправляемый ventиль. В данной конфигурации поток текучей среды нагнетания, входящий в нагнетательный вихревой неуправляемый ventиль, перемещается в основном в радиальном направлении, а поток текучей среды добычи, входящий в нагнетательный вихревой неуправляемый ventиль, перемещается в основном в тангенциальном направлении. Аналогично, поток текучей среды добычи, входящий в эксплуатационный вихревой неуправляемый ventиль, перемещается в основном в радиальном направлении, а поток текучей среды нагнетания, входящий в эксплуатационный вихревой неуправляемый ventиль, перемещается в основном в тангенциальном направлении.

[0011] В одном варианте осуществления по меньшей мере один нагнетательный вихревой неуправляемый ventиль может в последовательности с соплом, имеющим участок критического сечения и участок диффузора, функционально обеспечивать критический поток через него. В другом варианте осуществления по меньшей мере один нагнетательный вихревой неуправляемый ventиль может соединяться последовательно с селекторным клапаном текучей среды. В дополнительном варианте осуществления по меньшей мере один эксплуатационный вихревой неуправляемый ventиль может соединяться последовательно с устройством регулирования притока. В некоторых вариантах осуществления, по меньшей мере один нагнетательный вихревой неуправляемый ventиль может являться множеством нагнетательных вихревых неуправляемых вентилях, установленных параллельно друг другу. В других вариантах осуществления по меньшей мере один эксплуатационный вихревой неуправляемый ventиль может являться множеством эксплуатационных вихревых неуправляемых вентилях, установленных параллельно друг другу.

[0012] В дополнительном аспекте настоящим изобретением создан способ внутрискважинного двустороннего регулирования расхода текучей среды. Способ включает в себя создание системы регулирования расхода текучей среды на проектном месте внутри скважины, причем система регулирования расхода текучей среды имеет по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания и по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи, установленный параллельно по меньшей мере с одним компонентом регулирования расхода нагнетания; закачку текучей среды нагнетания с поверхности в пласт через систему регулирования расхода текучей среды так, что текучая среда нагнетания испытывает более высокое сопротивление потоку, проходящему через компонент регулирования дебита добычи, чем через компонент регулирования расхода нагнетания; и подачу пластовой текучей среды на поверхность через систему регулирования расхода текучей среды так, что текучая среда добычи испытывает более высокое сопротивление потоку, проходящему через компонент регулирования расхода нагнетания, чем через компонент регулирования дебита добычи. Способ может также включать в себя закачку текучей среды нагнетания через параллельные противоположные неуправляемые ventили текучей среды, каждый

имеющий зависящее от направления сопротивление потоку, получение пластовой  
текучей среды через параллельные противоположные неуправляемые вентили текучей  
среды, каждый имеющий зависящее от направления сопротивление потоку, закачку  
текучей среды нагнетания через параллельные противоположные вихревые  
5 неуправляемые вентили, каждый имеющий зависящее от направления сопротивление  
потоку, получение пластовой текучей среды через параллельные противоположные  
вихревые неуправляемые вентили, каждый имеющий зависящее от направления  
сопротивление потоку или закачку текучей среды нагнетания через нагнетательный  
неуправляемый вентиль, имеющий зависящее от направления сопротивление потоку и  
10 сопло, установленное последовательно с неуправляемым вентиляем текучей среды,  
причем сопло имеет участок критического сечения и участок диффузора, функционально  
обеспечивающие критический поток через него. Внутрискважинная система  
регулирования расхода текучей среды двустороннего действия содержащая:

[0013] В дополнительном аспекте настоящим изобретением создана внутрискважинная  
15 система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия. Система  
включает в себя по меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания  
и по меньшей мере один компонент регулирования дебита добычи, установленный  
параллельно по меньшей мере с одним компонентом регулирования расхода нагнетания.  
По меньшей мере один компонент регулирования расхода нагнетания имеет зависящее  
20 от направления сопротивление потоку, так что приток текучей среды добычи  
испытывает более высокое сопротивление потоку при прохождении через по меньшей  
мере один компонент регулирования расхода, чем выходной поток текучей среды  
нагнетания, проходящий через по меньшей мере один компонент регулирования расхода  
нагнетания.

#### 25 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0014] Для более полного понимания признаков и преимуществ настоящего  
изобретения ниже приведено описание изобретения с прилагаемыми фигурами, на  
которых соответствующие позиции на разных фигурах указывают соответствующие  
части, и на которых показано следующее.

30 [0015] На Фиг. 1 схематично показана скважинная система, управляющая работой  
множества расположенных в забойной зоне систем регулирования расхода текучей  
среды согласно варианту осуществления настоящего изобретения во время работы  
скважины в фазе нагнетания.

[0016] На Фиг. 2 схематично показана скважинная система, управляющая работой  
35 множества расположенных в забойной зоне систем регулирования дебита согласно  
варианту осуществления настоящего изобретения во время работы скважины в фазе  
добычи.

[0017] На Фиг. 3А-3В схематично показаны компоненты регулирования расхода,  
имеющие зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе  
40 регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего  
изобретения.

[0018] На Фиг. 4А-4В схематично показаны компоненты регулирования расхода,  
имеющие зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе  
регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего  
45 изобретения.

[0019] На Фиг. 5А-5В схематично показаны компоненты регулирования расхода,  
имеющие зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе  
регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего

изобретения.

[0020] На Фиг. 6А-6В схематично показан компонент двухступенчатого регулирования расхода, имеющий два последовательных элемента регулирования расхода и имеющий зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

[0021] На Фиг. 7А-7В схематично показан компонент двухступенчатого регулирования расхода имеющий два последовательных элемента регулирования расхода и имеющий зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

[0022] На Фиг. 8 схематично показан компонент двухступенчатого регулирования расхода, имеющий два последовательных элемента регулирования расхода и имеющий зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

[0023] На Фиг. 9 схематично показан компонент двухступенчатого регулирования расхода имеющий два последовательных элемента регулирования расхода и имеющий зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

[0024] На Фиг. 10А-10В схематично показан компонент двухступенчатого регулирования расхода, имеющий зависящее от направления сопротивление потоку для использования в системе регулирования расхода текучей среды согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0025] Реализация и использование различных вариантов осуществления настоящего изобретения подробно рассмотрены ниже, понятно, что настоящее изобретение создает много идей изобретения, которые можно осуществлять в разнообразных конкретных ситуациях. Конкретные варианты осуществления, рассмотренные в данном документе, являются только иллюстративными примерами реализации и использования изобретения и не ограничивают объем настоящего изобретения.

[0026] На Фиг. 1 схематично показана скважинная система, в общем обозначенная позицией 10, включающая в себя множество внутрискважинных систем регулирования расхода текучей среды двустороннего действия, установленных в трубной колонне в забойной зоне. Ствол 12 скважины проходит через различные геологические слои, включающие в себя пласты 14, 16, 18. Ствол 12 скважины включает в себя обсадную колонну 20, которая может быть зацементирована в стволе 12 скважины. Обсадная колонна 20 перфорирована в каждой продуктивной зоне, соответствующей пластам 14, 16, 18, перфорациями 22, 24, 26. В обсадной колонне 20 установлена и образует с ней кольцевое пространство колонна 28 насосно-компрессорных труб, которая включает в себя множество инструментов, таких как пакеры 30, 32, изолирующие кольцевое пространство 34, пакеры 36, 38, изолирующие кольцевое пространство 40, и пакеры 42, 44, изолирующие кольцевое пространство 46. Колонна 28 насосно-компрессорных труб также включает в себя множество систем 48, 50, 52 регулирования расхода текучей среды двустороннего действия, расположенных на забое, которые соответственно установлены в связи с кольцевыми пространствами 34, 40, 46. Колонна 28 насосно-компрессорных труб образует центральный канал 54.

[0027] В показанном варианте осуществления система 48 регулирования расхода текучей среды имеет множество компонентов 56 регулирования расхода нагнетания, система 50 регулирования расхода текучей среды имеет множество компонентов 58 регулирования расхода нагнетания и система 52 регулирования расхода текучей среды имеет множество компонентов 60 регулирования расхода нагнетания. В дополнение, система 48 регулирования расхода текучей среды имеет множество компонентов 62 регулирования дебита добычи, система 50 регулирования расхода текучей среды имеет множество компонентов 64 регулирования дебита добычи, и система 52 регулирования расхода текучей среды имеет множество компонентов 66 регулирования дебита добычи. Компоненты 56, 62 регулирования расхода создают множество путей потока между центральным проходом 54 и кольцевым пространством 34, параллельных друг другу. Компоненты регулирования расхода 58, 64 создают множество путей потока между центральным проходом 54 и кольцевым пространством 40 параллельных друг другу. Компоненты регулирования расхода 60, 66 создают множество путей потока между центральным проходом 54 и кольцевым пространством 46 параллельных друг другу. Каждый из компонентов 56, 58, 60, 62, 64, 66 регулирования расхода включает в себя по меньшей мере один элемент регулирования расхода, такой как неуправляемый вентиль текучей среды, имеющий зависящее от направления сопротивление потоку.

[0028] В данной конфигурации каждую систему 48, 50, 52 регулирования расхода текучей среды можно использовать для регулирования скорости нагнетания текучей среды в соответствующий пласт 14, 16, 18 и дебита добычи текучих сред из соответствующего пласта 14, 16, 18. Например, во время циклической обработки пласта паром для интенсификации притока пар можно инжектировать в пласты 14, 16, 18, как указано стрелками 68 в центральном канале 54, большими стрелками 70 и малыми стрелками 72 в кольцевом пространстве 34, большими стрелками 74 и малыми стрелками 76 в кольцевом пространстве 40, и большими стрелками 78 и малыми стрелками 80 в кольцевом пространстве 46, как лучше всего видно на на Фиг. 1. Когда фаза нагнетания пара циклической обработки пласта паром для интенсификации притока завершена, скважинную систему 10 можно закрывать для обеспечения распределения тепла в пластах 14, 16, 18 для разжижения нефти. После фазы выдерживания циклической обработки пласта паром для интенсификации притока скважинную систему 10 можно открыть для обеспечения поступления текучих сред коллектора в скважину из пластов 14, 16, 18, как указано стрелками 82 в центральном канале 54, стрелками 84 в кольцевом пространстве 34, большими стрелками 86 и малыми стрелками 88 в системе 48 регулирования расхода текучей среды, стрелками 90 в кольцевом пространстве 40, большими стрелками 92 и малыми стрелками 94 в системе 50 регулирования расхода текучей среды и стрелками 96 в кольцевом пространстве 46, большими стрелками 98 и малыми стрелками 100 в системе 52 регулирования расхода текучей среды, как лучше всего видно на Фиг. 2. После фазы добычи циклической обработки пласта паром для интенсификации притока фазы циклической обработки пласта паром для интенсификации притока может повторить при необходимости.

[0029] Как указано выше, каждый из компонентов 56, 58, 60, 62, 64, 66 регулирования расхода включает в себя по меньшей мере один элемент регулирования расхода, имеющий зависящее от направления сопротивление потоку. Данное зависящее от направления сопротивление потоку определяет объем или относительный объем текучей среды, который может пройти через конкретный компонент регулирования расхода. В операции нагнетания текучей среды, показанной на Фиг. 1, относительные объемы нагнетания текучей среды указаны большими стрелками 70, 74, 78, представляющими

нагнетание через компоненты 56, 58, 60 регулирования расхода соответственно, и малыми стрелками 72, 76, 80, представляющими нагнетание через компоненты 62, 64, 66 регулирования расхода соответственно. Аналогично, в операции добычи текучей среды, показанной на Фиг. 2, относительные объемы добычи текучей среды указаны большими стрелками 86, 92, 98 представляющими добычу через компоненты 62, 64, 66 регулирования расхода соответственно, и малыми стрелками 88, 94, 100 представлена добыча через компоненты 56, 58, 60 регулирования расхода соответственно. В показанном варианте осуществления поток текучей среды нагнетания испытывает более высокое сопротивление проходу через компоненты 62, 64, 66 регулирования расхода, чем через компоненты регулирования 56, 58, 60 расхода, а поток текучей среды добычи испытывает более высокое сопротивление проходу через компоненты 56, 58, 60 регулирования расхода, чем через компоненты 62, 64, 66 регулирования расхода. В данной конфигурации компоненты 62, 64, 66 регулирования расхода можно называть компонентами регулирования дебита добычи, поскольку главная часть потока добычи проходит через них и компоненты 56, 58, 60 регулирования расхода можно называть компонентами регулирования расхода нагнетания, поскольку главная часть потока нагнетания проходит через них.

[0030] Хотя на Фиг. 1 и 2 показано настоящее изобретение в вертикальной секции ствола скважины, специалисту в данной области техники понятно, что настоящее изобретение также подходит для использования в скважинах, имеющих другую конфигурацию, в том числе горизонтальных скважинах, наклонно-направленных скважинах, многоствольных скважинах и т.п. Соответственно, специалисту в данной области техники понятно, что при использовании терминов, таких как выше, ниже, верхний, нижний, вверх, вниз, левый, правый, со стороны устья, со стороны забоя и т.п. для иллюстративных вариантов осуществления, показанных на фигурах, направление вверх означает к верху соответствующей фигуры и направление вниз означает к низу соответствующей фигуры, направление к устью означает к поверхности, направление к забою означает к дну скважины. Также, хотя на Фиг. 1 и 2 показано конкретное число систем регулирования расхода текучей среды в каждой зоне, специалисту в данной области техники понятно, что любое число систем регулирования расхода текучей среды может быть связано с каждой зоной, при этом число систем регулирования расхода текучей среды в разных зонах может быть различным. Дополнительно, хотя на Фиг. 1 и 2 показаны системы регулирования расхода текучей среды, специалисту в данной области техники понятно, что системы регулирования расхода могут выполняться с дополнительными возможностями, например борьбы с поступлением песка. В дополнение, хотя на Фиг. 1 и 2 показаны системы регулирования расхода текучей среды с конкретной конфигурацией компонентов для регулирования дебита добычи и компонентов для регулирования расхода нагнетания, специалисту в данной области техники понятно, что системы регулирования расхода текучей среды, имеющие другие конфигурации компонентов регулирования дебита добычи и компонентов регулирования расхода нагнетания, являются возможными и учитываются в объеме настоящего изобретения. Например, компоненты регулирования дебита добычи можно устанавливать со стороны устья от компонентов регулирования расхода нагнетания. Можно иметь больше или меньше компонентов регулирования дебита добычи по сравнению с компонентами регулирования расхода нагнетания. Некоторые или все компоненты регулирования дебита добычи можно устанавливать вокруг одного периметра, как и некоторые или все компоненты регулирования расхода нагнетания. Некоторые компоненты регулирования дебита добычи можно устанавливать вокруг

периметра, отличающегося от периметра установки компонентов потока добычи. Аналогично, некоторые компоненты регулирования расхода нагнетания можно устанавливать вокруг периметра, отличающегося от периметра установки компонентов потока нагнетания.

5 [0031] На Фиг. 3А-3В, участок системы регулирования расхода текучей среды, имеющий компоненты регулирования расхода с сопротивлением потоку, зависящим от направления во время операций нагнетания и добычи, соответственно, в общем проказан позицией 110. В секции показаны два противоположных компонента 112, 114  
10 регулирования расхода, где компонент 112 регулирования расхода является компонентом регулирования расхода нагнетания и компонент 114 регулирования расхода является компонентом регулирования дебита добычи. Как показано, компонент 112 регулирования расхода является неуправляемым вентилем текучей среды в форме вихревого неуправляемого вентиля, имеющего центральное окно 116, вихревую камеру 118 и боковое окно 120. Аналогично, компонент 114 регулирования расхода является  
15 неуправляемым вентилем текучей среды в форме вихревого неуправляемого вентиля, имеющего центральное окно 122, вихревую камеру 124 и боковое окно 126.

[0032] На Фиг. 3А представлена фаза нагнетания работы скважины. Поток нагнетания показан стрелками 128 в компоненте 112 регулирования расхода и стрелками 130 в  
20 компоненте 114 регулирования расхода. Как показано, текучая среда 130 нагнетания, входящая в компонент 114 регулирования расхода через боковое окно 126, направляется в вихревую камеру 124 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текучей среды по спирали вокруг вихревой камеры 124, как указано стрелками, перед последующим выходом через центральное окно 122. Текучая среда, проходящая по спирали вокруг вихревой камеры 124 несет потери от трения. Дополнительно,  
25 тангенциальная скорость создает центробежную силу, которая замедляет радиальный поток. Следовательно, текучая среда нагнетания, проходящая через компонент 114 регулирования расхода, которая входит в вихревую камеру 124 в основном тангенциально встречает значительное сопротивление, результатом которого является значительное уменьшение расхода нагнетания.

30 [0033] В то же время текучая среда нагнетания 128, входящая в вихревую камеру 118 из центрального окна 116, в основном перемещается в радиальном направлении в вихревой камере 118, как указано стрелками, перед выходом через боковое окно 120 с небольшим перемещением по спирали в вихревой камере 116 и не испытывая потерь, связанных с трением и центробежной силой. Следовательно, текучая среда нагнетания,  
35 проходящая через компонент 112 регулирования расхода, которая входит в вихревую камеру 118 в основном радиально, встречает небольшое сопротивление и проходит через них относительно беспрепятственно, обеспечивая гораздо более высокий расход нагнетания в сравнении с расходом нагнетания через компонент 114 регулирования расхода.

40 [0034] На Фиг. 3В представлена работа скважины в фазе добычи. Поток добычи показан стрелками 132 в компоненте 112 регулирования расхода и стрелками 134 в компоненте 114 регулирования расхода. Как показано, текучая среда 132 добычи, входящая в компонент 112 регулирования расхода через боковое окно 120, направляется в вихревую камеру 118 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает  
45 проход текучей среды по спирали вокруг вихревой камеры 118, как указано стрелками, перед последующим выходом через центральное окно 116. Текучая среда, проходящая по спирали вокруг вихревой камеры 118, несет потери от трения и центробежной силы. Следовательно, текучая среды добычи, проходящая через компонент 112 регулирования

расхода, которая входит в вихревую камеру 118 в основном тангенциально, встречает значительное сопротивление, которое дает в результате значительное уменьшение дебита добычи через камеру.

5 [0035] В то же время текучая среда 134 добычи, входящая в вихревую камеру 124 из центрального окна 122, в основном перемещается в радиальном направлении в вихревой камере 124, как указано стрелками, перед выходом через боковое окно 126 с небольшим перемещением по спирали в вихревой камере 124, и не испытывая связанных с ним потерь от трения и центробежной силы. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 114 регулирования расхода, которая входит в вихревую  
10 камеру 124 в основном радиально, встречает небольшое сопротивление и проходит через нее относительно беспрепятственно обеспечивая гораздо более высокий дебит добычи в сравнении с дебитом добычи через компонент 112 регулирования расхода.

[0036] Хотя компоненты 112, 114 регулирования расхода описаны и показаны с конкретной конструкцией, специалисту в данной области техники понятно, что  
15 конструкция компонентов регулирования расхода должна определяться на основе таких факторов, как требуемый расход, требуемое падение давления, тип и состав текучих сред нагнетания и добычи и т.п. Например, когда элементом сопротивления потоку текучей среды в компоненте регулирования расхода является вихревая камера, относительный размер, число и угол подхода впусков может меняться для направления  
20 текучих сред в вихревую камеру с усилением или ослаблением действия спирали, при этом увеличивая или уменьшая сопротивление потоку и создавая требуемую схему потока в вихревой камере. В дополнение, вихревая камера может включать в себя стабилизаторы или другие устройства направления потока, такие как канавки, гребни, волны или другие фасонные поверхности для направления потока текучей среды в  
25 камере или создания измененного или дополнительного сопротивления потоку. Специалисту в данной области техники понятно, что хотя вихревые камеры могут являться цилиндрическими, как показано, компоненты регулирования расхода настоящего изобретения могут иметь вихревые камеры других форм, в том числе, без ограничения этим, прямоугольную, овальную, сферическую, сфероидальную и т.п. При  
30 этом, специалисту в данной области техники понятно, что конкретная конструкция и число компонентов регулирования расхода нагнетания должны основываться на требуемом профиле нагнетания, где компоненты регулирования дебита добычи вносят незначительный вклад в суммарный расход нагнетания, но конкретная конструкция и число компонентов регулирования дебита добычи должны основываться на требуемом  
35 профиле добычи, где компоненты регулирования расхода нагнетания вносят незначительный вклад в суммарный приток добычи.

[0037] Как показано на Фиг. 3А-3В, использование компонентов 112, 114 регулирования расхода обеспечивает регулирование как дебита текучей среды добычи, так и расхода текучей среды нагнетания. В показанных примерах компонент 114  
40 регулирования расхода создает большее сопротивление потоку текучей среды, чем компонент 112 регулирования расхода во время работы скважины в фазе нагнетания, а компонент 112 регулирования расхода создает большее сопротивление потоку текучей среды, чем компонент 114 регулирования расхода во время работы скважины в фазе добычи. В отличие от сложных и дорогих систем известной техники, которые требуют  
45 одного комплекта компонентов регулирования дебита для добычи и другого комплекта компонентов для регулирования расхода нагнетания вместе с соответствующими обратными клапанами для предотвращения обратного потока, настоящее изобретение обеспечивает получение требуемых режимов потока и давления как для направления

добычи, так и для направления нагнетания с использованием находящихся в состоянии покоя компонентов регулирования расхода, функционально пригодных для потока в двух направлениях с сопротивлением потоку, зависящим от направления.

5 [0038] Хотя компоненты 112, 114 регулирования расхода описаны и показаны с неуправляемыми вентилями текучей среды в форме вихревых неуправляемых вентиляей, специалисту в данной области техники понятно, что компоненты регулирования расхода настоящего изобретения могут иметь неуправляемые вентили текучей среды другого типа, которые создают зависящее от направления сопротивление потоку. Например, как показано на Фиг. 4А-4В, система 130 регулирования расхода текучей среды имеет 10 два противоположных компонента 132, 134 регулирования расхода с неуправляемыми вентилями текучей среды в форме улиточных неуправляемых вентиляей, которые создают зависящее от направления сопротивление потоку. В показанном варианте осуществления компонент 132 регулирования расхода является компонентом регулирования расхода нагнетания и компонент 134 регулирования расхода является компонентом 15 регулирования дебита добычи.

[0039] На Фиг. 4А представлена фаза нагнетания работы скважины. Поток нагнетания показан стрелками 136 в компоненте 132 регулирования расхода и стрелками 138 в компоненте 134 регулирования расхода. Как показано, текучая среда нагнетания 138 проходит через сужающееся сопло 140 в резкое уширение, где имеется аксиальная 20 кольцевая манжета 142, при этом текучая среда отделяется от критического сечения сопла и входит в кольцевую манжету 142, которая направляет текучую среду обратно к входящему потоку. Текучая среда должна затем вновь поворачиваться для обхода кольцевой манжеты 142 и входа в зону 144 резкого уширения. Следовательно, текучая среда нагнетания, проходящая через компонент 134 регулирования расхода, встречает 25 значительное сопротивление, дающее в результате значительное уменьшение в расходе нагнетания через него. В то же время текучая среда нагнетания 136 проходит через зону 146 вокруг кольцевой манжеты 148 и через критическое сечение в диффузор сопла 150 с минимальными потерями. Следовательно, текучая среда нагнетания, проходящая 30 через компонент 132 регулирования расхода, встречает небольшое сопротивление и проходит через него относительно беспрепятственно, обеспечивая гораздо более высокий расход нагнетания по сравнению с расходом нагнетания через компонент 134 регулирования расхода.

[0040] На Фиг. 4В представлена работа скважины в фазе добычи. Поток добычи показан стрелками 152 в компоненте 132 регулирования расхода и стрелками 154 в 35 компоненте 134 регулирования расхода. Как показано, текучая среда 152 добычи проходит через сужающееся сопло 150 в резкое уширение с аксиально кольцевой манжетой 148, в котором текучая среда отделяется на критическом сечении сопла и входит в кольцевую манжету 148, которая направляет текучую среду обратно к входящему потоку. Текучая среда должна затем вновь поворачиваться для обхода 40 кольцевой манжеты 148 и входа в зону 146 резкого уширения. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 132 регулирования расхода, встречает значительное сопротивление, дающее в результате значительное уменьшение дебита добычи через него. В то же время текучая среда 154 добычи проходит через зону 144, вокруг кольцевой манжеты 142 и через критическое сечение в диффузор сопла 140 с 45 минимальными потерями. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 134 регулирования расхода встречает небольшое сопротивление и проходит через него относительно беспрепятственно, обеспечивая гораздо более высокий дебит добычи в сравнении с дебитом добычи через компонент 132 регулирования расхода.

[0041] В другом примере, показанном на Фиг. 5А-5В, система 160 регулирования расхода текучей среды имеет два противоположных компонента 162, 164 регулирования расхода с неуправляемыми вентилями текучей среды в форме канала неуправляемых 5 вентилей тесла, которые создают зависящее от направления сопротивление потоку. В показанном варианте осуществления компонент 162 регулирования расхода является компонентом регулирования расхода нагнетания, и компонент 164 регулирования расхода является компонентом регулирования дебита добычи. На Фиг. 5А представлена фаза нагнетания работы скважины. Поток нагнетания показан стрелками 166 в компоненте 162 регулирования расхода и стрелками 168 в компоненте 164 регулирования расхода. Как показано, текучая среда нагнетания 168 проходит через последовательность 10 соединенных ветвей и петель потока, таких как петля 170, что обеспечивает направление текучей среды назад к проходящему вперед потоку. Следовательно, текучая среда нагнетания, проходящая через компонент 164 регулирования расхода, встречает значительное сопротивление, дающее в результате значительное уменьшение расхода нагнетания через него. В то же время текучая 166 среда нагнетания проходит через канал неуправляемых вентилей тесла без значительного потока в петлях потока, таких как петля 172. Следовательно, текучая среда нагнетания, проходящая через компонент 162 регулирования расхода, встречает небольшое сопротивление и проходит через него относительно беспрепятственно, обеспечивая гораздо более высокий расход нагнетания 15 в сравнении с расходом нагнетания через компонент 164 регулирования расхода.

[0042] На Фиг. 5В представлена работа скважины в фазе добычи. Поток добычи показан стрелками 174 в компоненте 162 регулирования расхода и стрелками 176 в компоненте 164 регулирования расхода. Как показано, текучая среда 174 добычи 20 проходит через последовательность соединенных ветвей и петель потока, таких как петля 172, что обеспечивает направление текучей среды назад к проходящему вперед потоку. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 162 регулирования расхода, встречает значительное сопротивление, дающее в результате значительное уменьшение дебита добычи через него. В то же время текучая среда нагнетания 176 проходит через канал неуправляемых вентилей тесла без значительного 25 потока в петлях потока, таких как петля 170. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 164 регулирования расхода, встречает небольшое сопротивление и проходит через него относительно беспрепятственно, обеспечивая гораздо более высокий дебит добычи в сравнении с дебитом добычи через компонент 162 регулирования расхода.

[0043] Хотя компоненты регулирования расхода описаны и показаны в данном документе как одноступенчатые компоненты регулирования расхода, специалисту в данной области техники понятно, что компоненты регулирования расхода настоящего изобретения могут иметь несколько элементов регулирования расхода, в том числе по 30 меньшей мере один неуправляемый вентиль текучей среды, создающий зависящее от направления сопротивление потоку. Например, на Фиг. 6А-6В, двухступенчатый компонент 180 регулирования расхода показан при нагнетании и добыче, соответственно, данный компонент можно использовать для замены одноступенчатого компонента регулирования расхода в системе регулирования расхода текучей среды, описанной выше. Компонент 180 регулирования расхода может предпочтительно 35 являться компонентом регулирования расхода нагнетания, выполненным с возможностью генерирования критического потока пара во время, например, циклической обработки пласта паром для интенсификации притока. Компонент 180 регулирования расхода включает в себя первый элемент 182 регулирования расхода в 40

форме неуправляемого вентиля текучей среды, здесь вихревого неуправляемого вентиля в последовательности со вторым элементом 184 регулирования расхода в форме сужающегося/расширяющегося сопла.

5 [0044] Во время операций нагнетания, как показано на Фиг. 6А, текучая среда 186 нагнетания, входящая в вихревую камеру 188 из центрального окна 190, в основном перемещается в радиальном направлении в вихревой камере 188, как указано стрелками. Текучая среда 186 нагнетания выходит из вихревой камеры 188 с небольшим перемещением по спирали и не испытывая связанных с ним потерь от трения и центробежной силы. Текучая среда 186 нагнетания затем входит в сопло 184, которое  
10 имеет участок 192 критического сечения и участок 194 диффузора. Когда текучая среда 186 нагнетания приближается к участку 192 критического сечения, ее скорость увеличивается и давление уменьшается. На участке 192 критического сечения текучая среда 186 нагнетания достигает скорости звука и при этом критического потока при надлежащих режимах давления выше и ниже по потоку.

15 [0045] Во время добычи, как показано на Фиг. 6В, текучая среда 196 добычи входит в компонент 180 регулирования расхода и проходит через сопло 184 при незначительном сопротивлении. Текучая среда 196 добычи затем направляется в вихревую камеру 188 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текучей среды по спирали вокруг вихревой камеры 188, как указано стрелками, перед последующим  
20 выходом через центральное окно 190. Текучая среда, перемещающаяся по спирали вокруг вихревой камеры 188, несет потери от трения и центробежной силы. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 180 регулирования расхода встречает значительное сопротивление, дающее в результате значительное уменьшение в дебите добычи через него.

25 [0046] В качестве другого примера на Фиг. 7А-7В показан при нагнетании и добыче, соответственно, двухступенчатый компонент 200 регулирования расхода, который можно использовать для замены одноступенчатого компонента регулирования расхода в системе регулирования расхода текучей среды, описанной выше. Компонент 200 регулирования расхода может предпочтительно являться компонентом регулирования расхода нагнетания, выполненным с возможностью по существу закрытия потока не  
30 требуемой текучей среды, например, углеводородной текучей среды во время эксплуатации. Компонент 200 регулирования расхода включает в себя первый элемент 202 регулирования расхода в форме неуправляемого вентиля текучей среды, здесь вихревого неуправляемого вентиля в последовательности со вторым элементом 204 регулирования расхода в форме селекторного клапана текучей среды.

[0047] Во время операций нагнетания, как показано на Фиг. 7А, текучая среда 206 нагнетания, входящая в вихревую камеру 208 из центрального окна 210, в основном перемещается в радиальном направлении в вихревой камере 208, как указано стрелками. Текучая среда 206 нагнетания выходит из вихревой камеры 208 с незначительным  
40 перемещением по спирали и не испытывая связанных с ним потерь от трения и центробежной силы. Текучая среда 206 нагнетания затем проходит через селекторный клапан 204 текучей среды с минимальным сопротивлением. Во время операций добычи, как показано на Фиг. 7В, текучая среда 212 добычи входит в компонент 200 регулирования расхода и встречает селекторный клапан 204 текучей среды. В  
45 показанном варианте осуществления селекторный клапан 204 текучей среды включает в себя материал 214, такой как полимер, который набухает, когда входит в контакт с углеводородами. При этом селекторный клапан 204 текучей среды закрывает или по существу закрывает путь текучей среды через компонент 200 регулирования расхода.

Любая текущая среда 212 добычи, которая проходит через селекторный клапан 204 текущей среды затем направляется в вихревую камеру 208 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текущей среды по спирали вокруг вихревой камеры 208, как указано стрелками, перед выходом в конечном счете через центральное  
5 окно 210. Вместе вихревая камера 208 и селекторный клапан 204 текущей среды создают значительное сопротивление добыче через него.

[0048] На Фиг. 8 показан двухступенчатый компонент 220 регулирования расхода во время операций добычи, который можно использовать для замены одноступенчатого компонента регулирования расхода в системе регулирования расхода текущей среды,  
10 описанной выше. Компонент 220 регулирования расхода может предпочтительно являться компонентом регулирования дебита добычи. Компонент 220 регулирования расхода включает в себя первый элемент 222 регулирования расхода в форме устройства регулирования притока, а именно извилистый путь в последовательности со вторым  
15 элементом 224 регулирования расхода в форме вихревого неуправляемого вентиля. Во время операций добычи текущая среда 226 добычи входит в компонент 220 регулирования расхода и встречает извилистый путь 222, который служит основным регулятором потока добычи. Текущая среда 226 добычи затем направляется в вихревую камеру 228 из центрального окна 230 в основном в радиальном направлении, как  
20 указано стрелками, с небольшим перемещением по спирали и не испытывая связанных с ним потерь от трения и центробежной силы перед выходом из компонента 220 регулирования расхода через боковое окно 232. Во время операций нагнетания (не показано) текущая среда нагнетания должна входить в вихревую камеру 228 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текущей среды по спирали  
25 вокруг вихревой камеры 228 перед выходом в конечном счете через центральное окно 230. Текущая среда нагнетания должна затем перемещаться через извилистый путь 222. Вместе вихревая камера 228 и извилистый путь 222 создают значительное сопротивление потоку нагнетания через них.

[0049] На Фиг. 9 показан двухступенчатый компонент 240 регулирования расхода во время операций добычи, который можно использовать для замены одноступенчатого компонента регулирования расхода в системе регулирования расхода текущей среды,  
30 описанной выше. Компонент 240 регулирования расхода может предпочтительно являться компонентом регулирования дебита добычи. Компонент 240 регулирования расхода включает в себя первый элемент 242 регулирования расхода в форме устройства регулирования притока, а именно дроссельное отверстие 244 в последовательности со  
35 вторым элементом 246 регулирования расхода в форме вихревого неуправляемого вентиля. Во время операций добычи текущая среда 248 добычи входит в компонент 240 регулирования расхода и дроссельное отверстие 244, которое служит основным регулятором потока добычи. Текущая среда 248 добычи затем направляется в вихревую камеру 250 из центрального окна 252 в основном в радиальном направлении, как  
40 указано стрелками, с небольшим перемещением по спирали, и не испытывая связанных с ним потерь от трения и центробежной силы перед выходом из компонента 240 регулирования расхода через боковое окно 254. Во время операций нагнетания (не показано) текущая среда нагнетания должна входить в вихревую камеру 250 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текущей среды по спирали  
45 вокруг вихревой камеры 250 перед выходом в конечном счете через центральное окно 252. Текущая среда нагнетания должна затем перемещаться через дроссельное отверстие 244. Вместе вихревая камера 250 и дроссельное отверстие 244 создают значительное сопротивление потоку нагнетания через них.

[0050] Хотя выше описаны и показаны на Фиг. 8-9 конкретные устройства регулирования притока в двухступенчатом компоненте регулирования расхода для использования в системе регулирования расхода текучей среды настоящего изобретения, специалисту в данной области техники понятно, что устройства регулирования притока другого типа можно использовать в двухступенчатом компоненте регулирования расхода в системе регулирования расхода текучей среды настоящего изобретения. Также, хотя выше описаны и показаны на Фиг. 6А-9 двухступенчатые компоненты регулирования расхода для использования в системе регулирования расхода текучей среды настоящего изобретения, специалисту в данной области техники понятно, что компоненты регулирования расхода, имеющие другое число ступеней являются возможными и учитываются в объеме настоящего изобретения.

[0051] На Фиг. 10А-10В показан участок системы регулирования расхода текучей среды с двухступенчатыми компонентами регулирования расхода с сопротивлением потоку, зависящим от направления, во время операций нагнетания и добычи, соответственно, в общем указанный позицией 300. В сечении показаны два противоположных двухступенчатых компонента 302, 304 регулирования расхода, при этом компонент 302 регулирования расхода является компонентом регулирования расхода нагнетания и компонент 304 регулирования расхода является компонентом регулирования дебита добычи. Как показано, компонент 302 регулирования расхода включает в себя два неуправляемых вентиля текучей среды в форме вихревых неуправляемых вентилях 306, 308, установленных в последовательности друг за другом. Вихревой неуправляемый вентиль 306 имеет центральное окно 310, вихревую камеру 312 и боковое окно 314. Вихревой неуправляемый вентиль 308 имеет центральное окно 316, вихревую камеру 318 и боковое окно 320. Аналогично, компонент 304 регулирования расхода включает в себя два неуправляемых вентиля текучей среды в форме вихревых неуправляемых вентилях 322, 324, установленных в последовательности друг за другом. Вихревой неуправляемый вентиль 322 имеет центральное окно 326, вихревую камеру 328 и боковое окно 330. Вихревой неуправляемый вентиль 324 имеет центральное окно 332, вихревую камеру 334 и боковое окно 336.

[0052] На Фиг. 10А представлена фаза нагнетания работы скважины. Поток нагнетания показан стрелками 338 в компоненте 302 регулирования расхода и стрелками 340 в компоненте 304 регулирования расхода. Как показано, текучая среда 340 нагнетания, входящая в компонент 304 регулирования расхода через боковое окно 330, направляется в вихревую камеру 328 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текучей среды по спирали вокруг вихревой камеры 328, как указано стрелками, перед выходом в конечном счете через центральное окно 326. Текучая среда 340 нагнетания затем направляется в вихревую камеру 334 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текучей среды по спирали вокруг вихревой камеры 334, как указано стрелками, перед выходом в конечном счете через центральное окно 332. Текучая среда 340 нагнетания несет потери от трения и центробежной силы, проходя через компонент 304 регулирования расхода. Следовательно, текучая среда нагнетания, проходящая через компонент 304 регулирования расхода, встречает значительное сопротивление, дающее в результате значительное уменьшение расхода нагнетания через него.

[0053] В то же время текучая среда нагнетания 338, входящая в вихревую камеру 312 из центрального окна 310, в основном перемещается в радиальном направлении в вихревой камере 312, как указано стрелками, перед выходом через боковое окно 314 с небольшим перемещением по спирали в вихревой камере 312 и не несет потери от трения

и центробежной силы. Текучая среда нагнетания 338 затем входит в вихревую камеру 318 из центрального окна 316 в основном перемещаясь в радиальном направлении в вихревой камере 318, как указано стрелками, перед выходом через боковое окно 320 с небольшим перемещением по спирали в вихревой камере 318 и не испытывая связанных с ним потерь от трения и центробежной силы. Следовательно, текучая среда нагнетания, проходящая через компонент 302 регулирования расхода, встречает небольшое сопротивление и проходит через него относительно беспрепятственно, обеспечивая гораздо более высокий расход нагнетания в сравнении с расходом нагнетания через компонент 304 регулирования расхода.

[0054] На Фиг. 10В представлена работа скважины в фазе добычи. Поток добычи показан стрелками 342 в компоненте 302 регулирования расхода и стрелками 344 в компоненте 304 регулирования расхода. Как показано, текучая среда 342 добычи, входящая в компонент 302 регулирования расхода через боковое окно 320, направляется в вихревую камеру 318 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текучей среды по спирали вокруг вихревой камеры 318, как указано стрелками, перед выходом в конечном счете через центральное окно 316. Текучая среда 342 добычи затем направляется в вихревую камеру 312 в основном в тангенциальном направлении, что обуславливает проход текучей среды по спирали вокруг вихревой камеры 312, как указано стрелками, перед выходом в конечном счете через центральное окно 310.

Текучая среда, перемещающаяся по спирали вокруг вихревой камеры 312, 318, несет потери от трения и центробежной силы. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 302 регулирования расхода, встречает значительное сопротивление, дающее в результате значительное уменьшение дебита добычи через него.

[0055] В то же время текучая среда 344 добычи, входящая в вихревую камеру 334 из центрального окна 332 в основном перемещается в радиальном направлении в вихревой камере 334, как указано стрелками, перед выходом через боковое окно 336 с небольшим перемещением по спирали в вихревой камере 334 и не несет связанных с ним потерь от трения и центробежной силы. Текучая среда 344 добычи затем входит в вихревую камеру 328 из центрального окна 326, в основном перемещаясь в радиальном направлении в вихревой камере 328, как указано стрелками, перед выходом через боковое окно 330 с небольшим перемещением по спирали в вихревой камере 328 и не несет связанных с ним потерь от трения и центробежной силы. Следовательно, текучая среда добычи, проходящая через компонент 304 регулирования расхода, встречает небольшое сопротивление и проходит через него относительно беспрепятственно, обеспечивая гораздо более высокий дебит добычи в сравнении с дебитом добычи через компонент 302 регулирования расхода.

[0056] Данное изобретение описано для иллюстративных вариантов осуществления, которые не являются ни в коей мере ограничительными. Различные модификации и комбинации иллюстративных вариантов осуществления, а также другие варианты осуществления изобретения понятны специалисту в данной области техники из данного описания. Общеизвестно, что прилагаемая формула изобретения охватывает любые такие модификации или варианты осуществления.

#### Формула изобретения

1. Внутрискважинная система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия, содержащая:

множество компонентов регулирования расхода нагнетания, имеющих зависящее

от направления сопротивление потоку, причем компоненты регулирования расхода нагнетания дополнительно содержат двухступенчатые компоненты регулирования расхода, включающие в себя установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем  
5 каждая из первой ступени и второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания имеют центральное входное окно и радиальное выходное окно, причем радиальное выходное окно первой ступени связано по текучей среде с центральным входным окном второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания; и

множество компонентов регулирования дебита добычи, имеющих зависящее от  
10 направления сопротивление потоку, причем компоненты регулирования дебита добычи дополнительно содержат двухступенчатые компоненты регулирования расхода, включающие в себя установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем каждая из первой ступени и второй ступени компонентов регулирования дебита добычи  
15 имеют центральное входное окно и радиальное выходное окно, причем центральное выходное окно первой ступени связано по текучей среде с радиальным входным окном второй ступени компонентов регулирования дебита добычи; и

причем компоненты регулирования дебита добычи установлены параллельно с компонентами регулирования расхода нагнетания; причем поток текучей среды  
20 нагнетания испытывает более высокое сопротивление потоку при прохождении через компоненты регулирования дебита добычи, чем при прохождении через компоненты регулирования расхода нагнетания; и

причем поток текучей среды добычи испытывает более высокое сопротивление потоку при прохождении через компоненты регулирования расхода нагнетания чем  
25 при прохождении через компоненты регулирования дебита добычи.

2. Система регулирования расхода по п.1, в которой поток текучей среды нагнетания, входящий в вихревые неуправляемые вентили компоненты регулирования расхода нагнетания, перемещается в основном в радиальном направлении, и при этом поток текучей среды добычи, входящий в вихревые неуправляемые вентили компонентов  
30 регулирования расхода нагнетания, перемещается в основном в тангенциальном направлении.

3. Система регулирования расхода по п.1, в которой поток текучей среды добычи, входящий в вихревые неуправляемые вентили компонентов регулирования дебита добычи, перемещается в основном в радиальном направлении, и при этом поток текучей  
35 среды нагнетания, входящий в вихревые неуправляемые вентили компонентов регулирования дебита добычи, перемещается в основном в тангенциальном направлении.

4. Способ улучшения извлечения нефти, содержащий:

размещение колонны заканчивания, включающей в себя систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия на проектном месте в скважине, причем  
40 система регулирования имеет множество компонентов регулирования расхода в состоянии покоя с сопротивлением потоку, зависящим от направления, параллельно с множеством компонентов регулирования дебита добычи в состоянии покоя с сопротивлением потоку, зависящим от направления, причем компоненты регулирования расхода нагнетания дополнительно содержат двухступенчатые компоненты  
45 регулирования расхода, включающие в себя установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем каждая из первой ступени и второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания имеют центральное окно и радиальное окно, причем радиальное

окно первой ступени связано по текучей среде с центральным окном второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания; и

причем компоненты регулирования дебита добычи дополнительно содержат двухступенчатые компоненты регулирования расхода, включающие в себя

5 установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем каждая из первой ступени и второй ступени компонентов регулирования дебита добычи имеют центральное окно и радиальное окно, причем центральное окно первой ступени связано по текучей среде с радиальным окном второй ступени компонентов регулирования дебита добычи;

10 нагнетание пара с поверхности в пласт через систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия посредством введения пара как в центральное окно первой ступени компонентов регулирования расхода нагнетания и в радиальное окно первой ступени компонентов регулирования дебита добычи, причем система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия обеспечивает  
15 возможность прохождения большего объема пара через компоненты регулирования расхода нагнетания, чем через компоненты регулирования дебита добычи;

передачу тепла от пара к текучей среде в пласте; и

добычу текучей среды из пласта на поверхность через систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия посредством введения текучей среды пласта  
20 как через радиальное окно второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания, так и через центральное окно второй ступени компонентов регулирования дебита добычи, причем система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия обеспечивает возможность прохождения большего объема текучей среды  
25 расхода нагнетания, чем через компоненты регулирования дебита добычи, чем через компоненты регулирования расхода нагнетания.

5. Способ по п.4, в котором нагнетают пар с поверхности в пласт через систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия посредством введения пара так, чтобы обеспечить возможность прохождения большего объема пара через  
30 компоненты регулирования расхода нагнетания, чем через компоненты регулирования дебита добычи, и способ дополнительно содержит нагнетание первой части пара в пласт через компоненты регулирования расхода нагнетания и нагнетание второй части пара в пласт через компоненты регулирования дебита добычи, причем первая часть пара, нагнетаемого в пласт больше, чем вторая часть пара нагнетаемого в пласт.

6. Способ по п.5, в котором добывают текучую среду из пласта на поверхность через  
35 систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия так, чтобы обеспечить возможность прохождения большего объема текучей среды через компоненты регулирования дебита добычи, чем через компоненты регулирования расхода нагнетания, и способ дополнительно содержит добычу первой части текучей среды в насосно-компрессорную трубу через компоненты регулирования дебита добычи  
40 и добычу второй части текучей среды в насосно-компрессорную трубу через компоненты регулирования расхода нагнетания, причем первая часть текучей среды, текущая в насосно-компрессорную трубу больше, чем вторая часть текучей среды, текущей в насосно-компрессорную трубу.

7. Способ улучшения извлечения нефти из множества зон, содержащий:

45 размещение колонны заканчивания на проектном месте в скважине, причем колонна заканчивания включает в себя систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия для множества зон в скважине, причем каждая система регулирования имеет множество компонентов регулирования расхода нагнетания в

состоянии покоя с сопротивлением потоку, зависящим от направления, параллельно с множеством компонентов регулирования дебита добычи в состоянии покоя с сопротивлением потоку, зависящим от направления, причем компоненты регулирования расхода нагнетания дополнительно содержат двухступенчатые компоненты регулирования расхода нагнетания, включающие в себя установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем каждая из первой ступени и второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания имеют центральное окно и радиальное окно, причем радиальное окно первой ступени связано по текучей среде с центральным окном второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания;

причем компоненты регулирования дебита добычи дополнительно содержат двухступенчатые компоненты регулирования расхода, включающие в себя установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем каждая из первой ступени и второй ступени компонентов регулирования дебита добычи имеют центральное окно и радиальное окно, причем центральное окно первой ступени связано по текучей среде с радиальным окном второй ступени компонентов регулирования дебита добычи;

нагнетание пара с поверхности в множество зон через систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия посредством введения пара как в центральные окна первых ступеней компонентов регулирования расхода нагнетания, так и в радиальные окна первых ступеней компонентов регулирования дебита добычи, причем система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия обеспечивает возможность прохождения большего объема пара через компоненты регулирования расхода нагнетания, чем через компоненты регулирования дебита добычи;

передачу тепла от пара к текучей среде в пластах, связанных с зонами; и

добычу текучей среды из пластов на поверхность через систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия посредством введения текучей среды пласта как через радиальные окна вторых ступеней компонентов регулирования расхода нагнетания, так и через центральные окна вторых ступеней компонентов регулирования дебита добычи, причем система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия обеспечивает возможность прохождения большего объема текучей среды через компоненты регулирования дебита добычи, чем через компоненты регулирования расхода нагнетания.

8. Способ по п.7, в котором каждая из систем регулирования расхода текучей среды включает в себя большее количество компонентов регулирования расхода нагнетания, чем компонентов регулирования дебита добычи.

9. Способ улучшения извлечения нефти, содержащий:

размещение колонны заканчивания, включающей в себя систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия на проектном месте в скважине, причем система регулирования имеет множество компонентов регулирования расхода нагнетания в состоянии покоя с сопротивлением потоку, зависящим от направления, параллельно с множеством компонентов регулирования дебита добычи в состоянии покоя с сопротивлением потоку, зависящим от направления, причем количество множества компонентов регулирования расхода нагнетания в состоянии покоя больше, чем множество компонентов регулирования дебита добычи в состоянии покоя, причем множество компонентов регулирования расхода нагнетания дополнительно содержит двухступенчатые компоненты регулирования расхода, включающие в себя установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля

и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем каждая из первой ступени и второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания имеют центральное окно и радиальное окно, причем радиальное окно первой ступени связано по текучей среде с центральным окном второй ступени компонентов регулирования расхода нагнетания;

5

причем компоненты регулирования дебита добычи дополнительно содержат двухступенчатые компоненты регулирования расхода, включающие в себя установленные последовательно первую ступень вихревого неуправляемого вентиля и вторую ступень вихревого неуправляемого вентиля, причем каждая из первой ступени и второй ступени компонентов дебита добычи имеют центральное окно и радиальное окно, причем центральное окно первой ступени связано по текучей среде с радиальным окном второй ступени компонентов регулирования дебита добычи;

10

нагнетание пара с поверхности в пласт через систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия посредством введения пара как в центральные окна первой ступени компонентов регулирования расхода нагнетания, так и в радиальные окна первой ступени компонентов регулирования дебита добычи, причем система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия обеспечивает возможность прохождения большего объема пара через компоненты регулирования расхода нагнетания, чем через компоненты регулирования дебита добычи;

15

передачу тепла от пара к текучей среде в пласте; и

20

добычу текучей среды из пласта на поверхность через систему регулирования расхода текучей среды двустороннего действия посредством введения текучей среды пласта как через радиальные окна вторых ступеней компонентов регулирования расхода нагнетания, так и через центральные окна второй ступени компонентов регулирования дебита добычи, причем система регулирования расхода текучей среды двустороннего действия обеспечивает возможность прохождения большего объема текучей среды через компоненты регулирования дебита добычи, чем через компоненты регулирования расхода нагнетания.

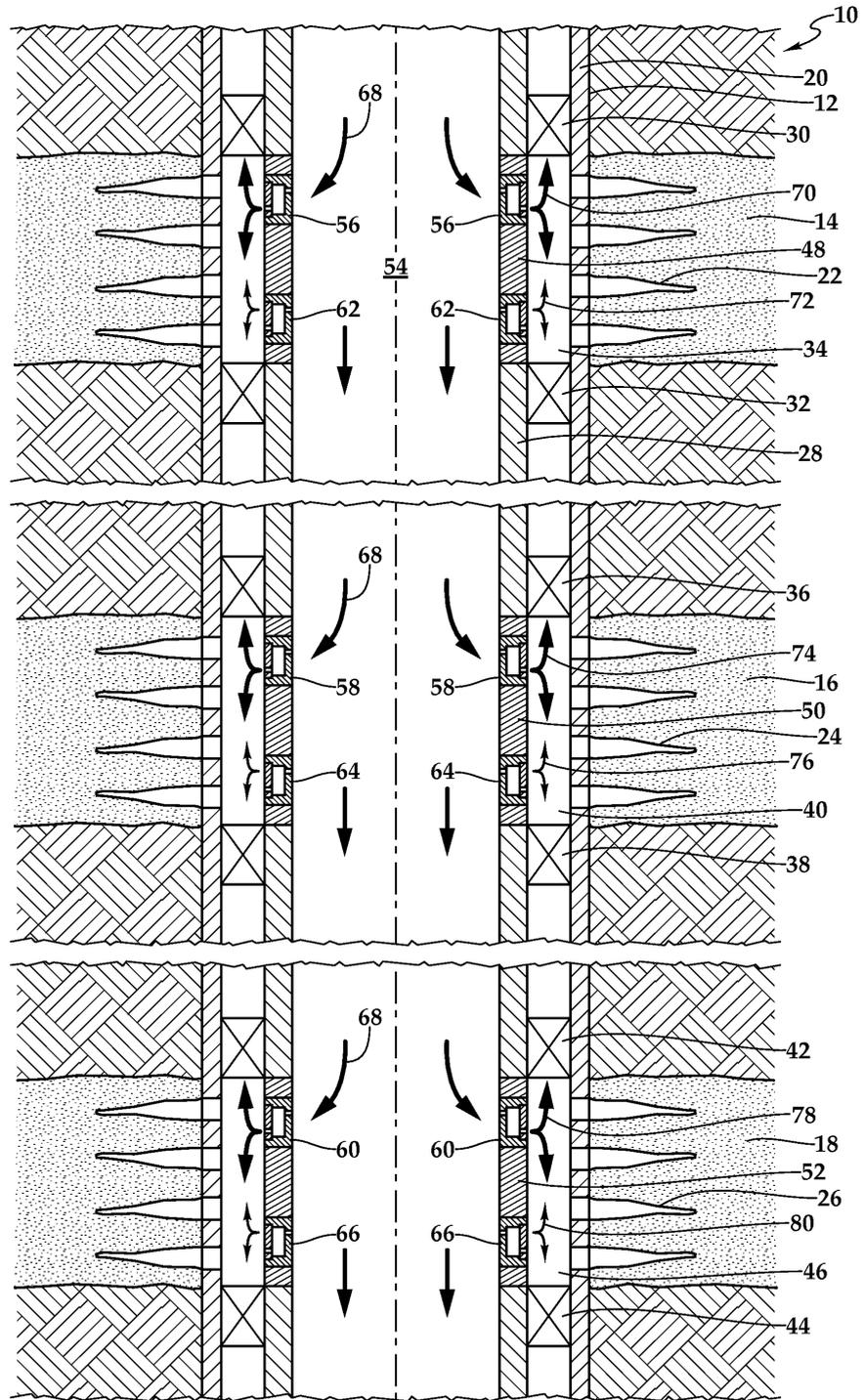
25

30

35

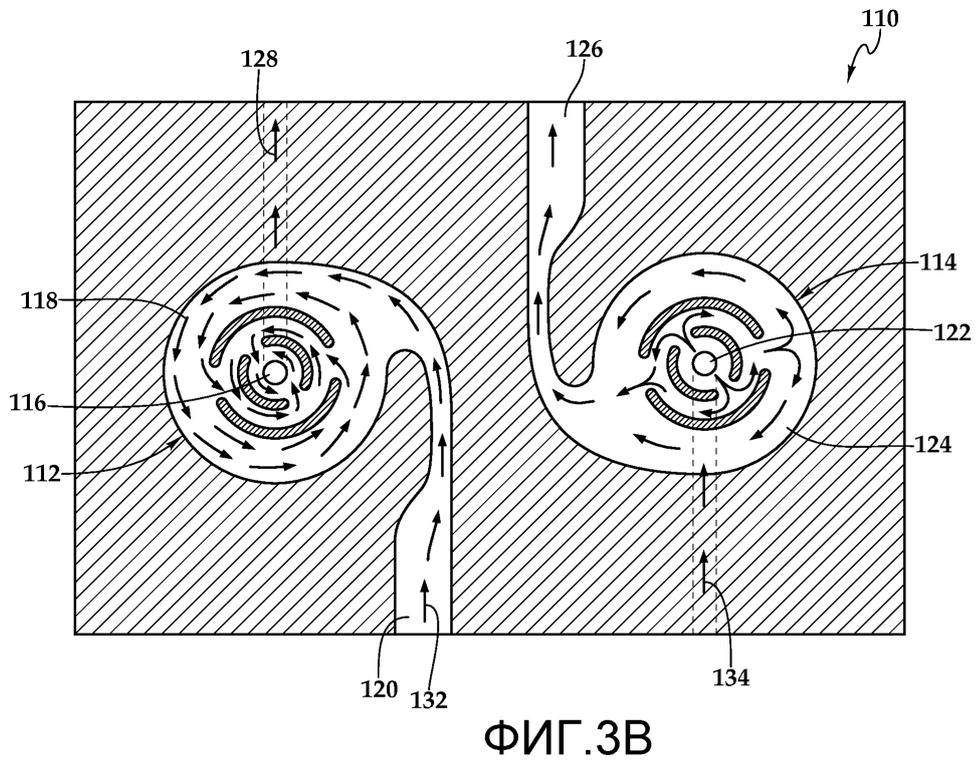
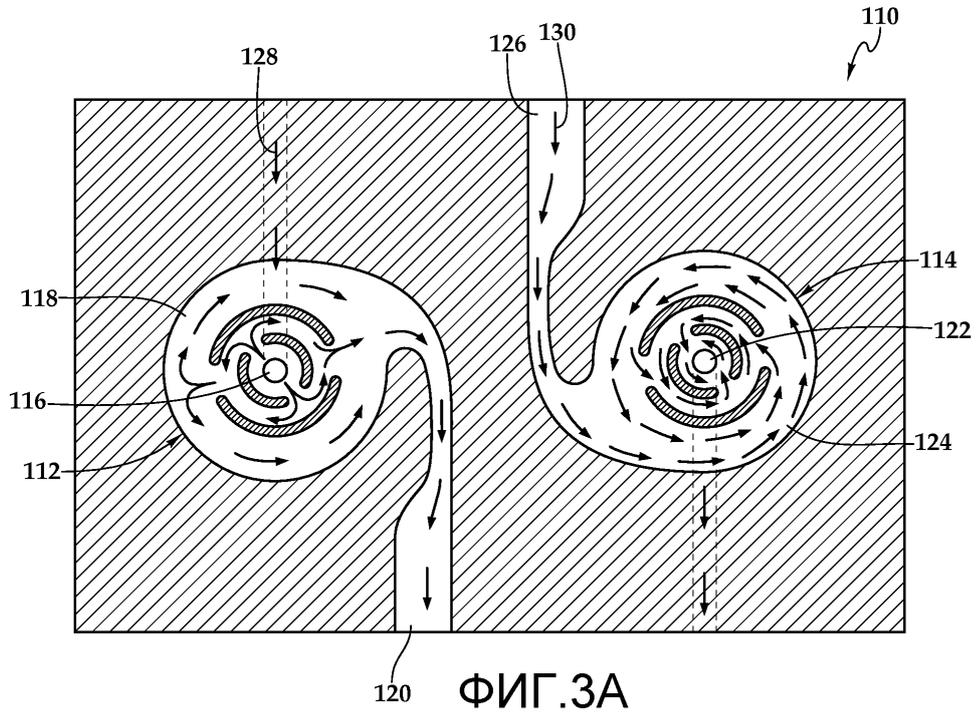
40

45

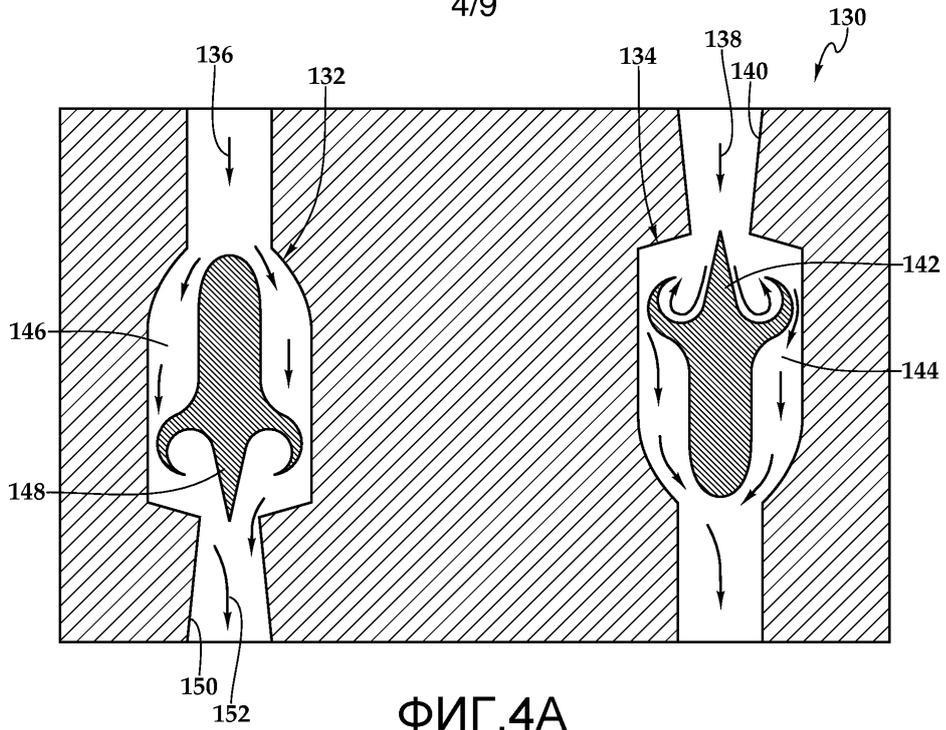


ФИГ.1

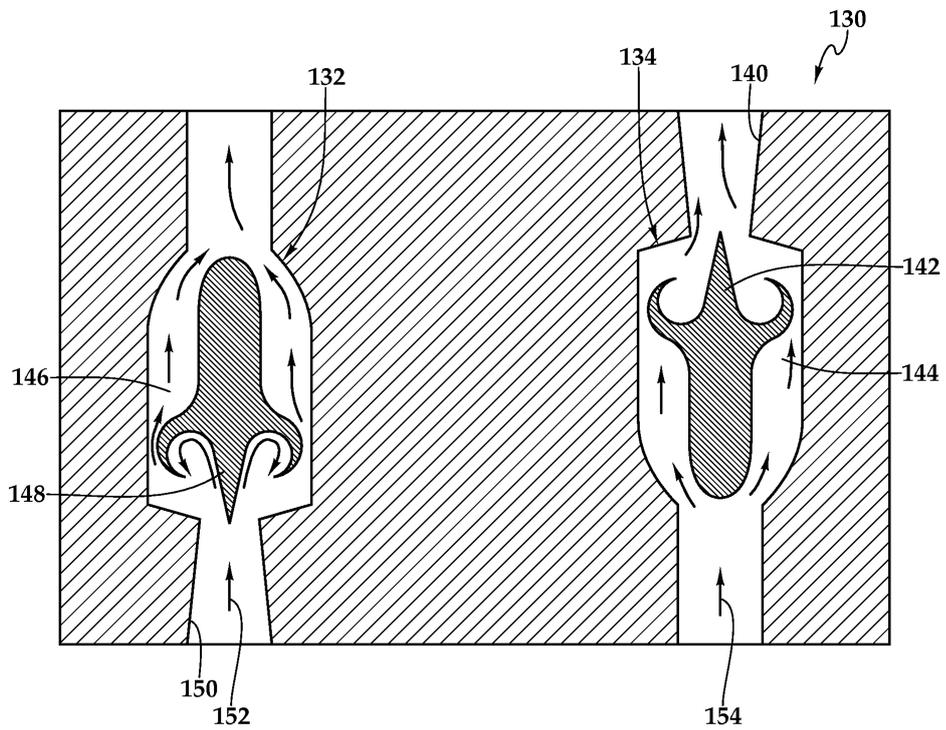




4/9

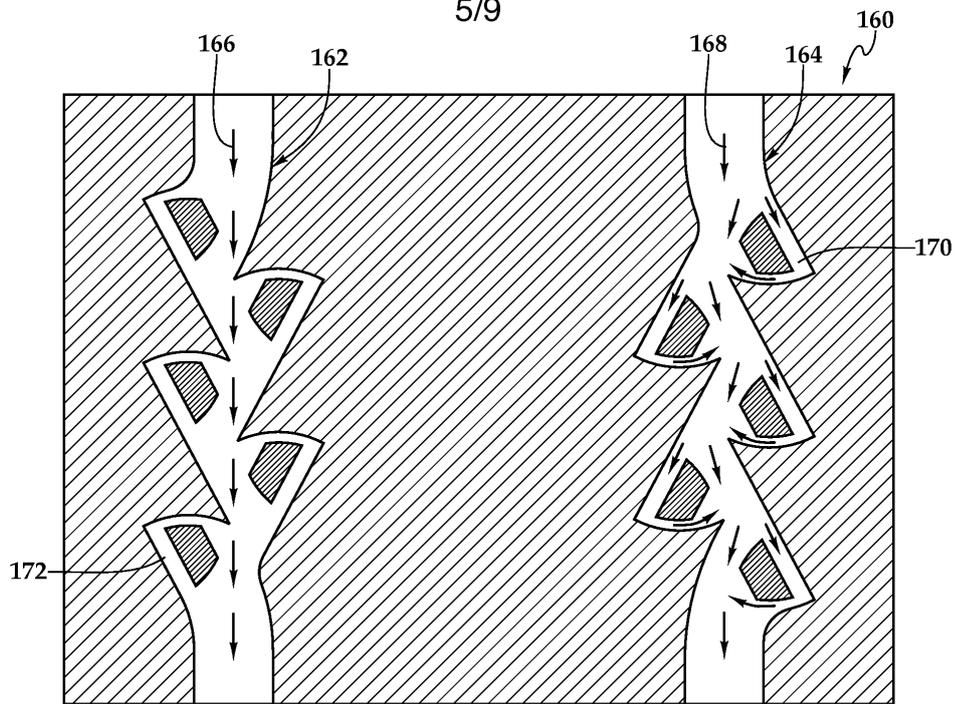


ФИГ.4А

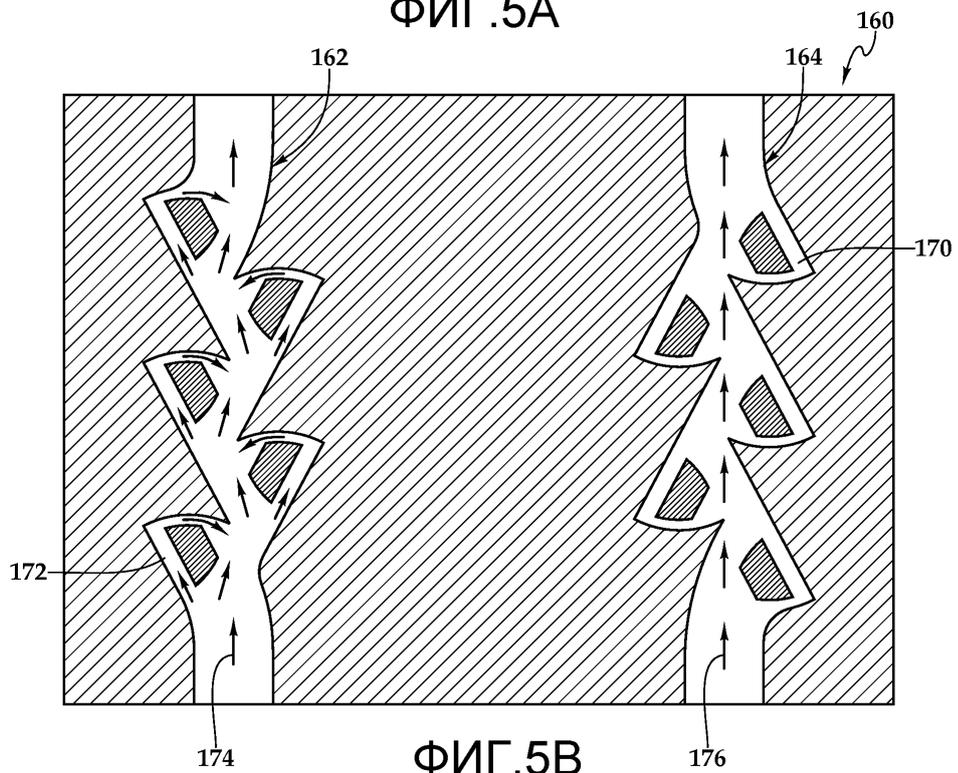


ФИГ.4В

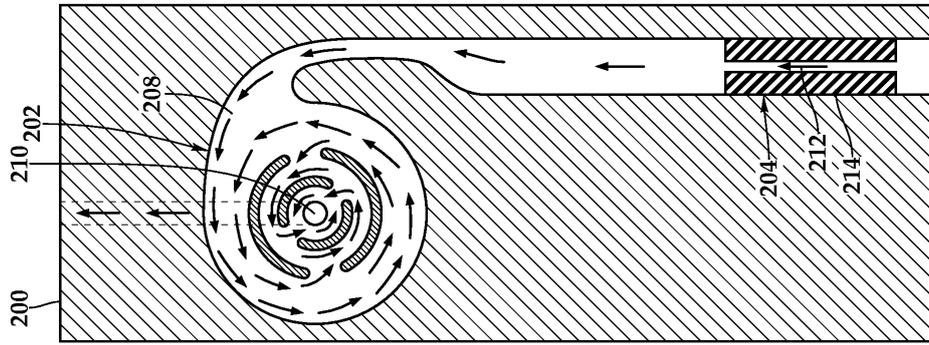
5/9



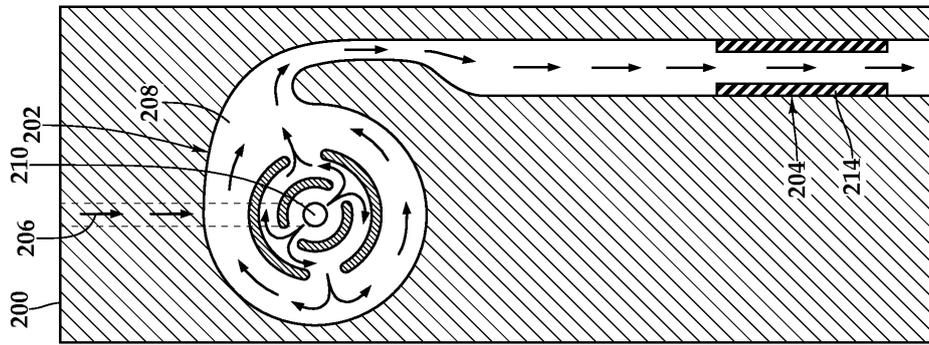
ФИГ.5А



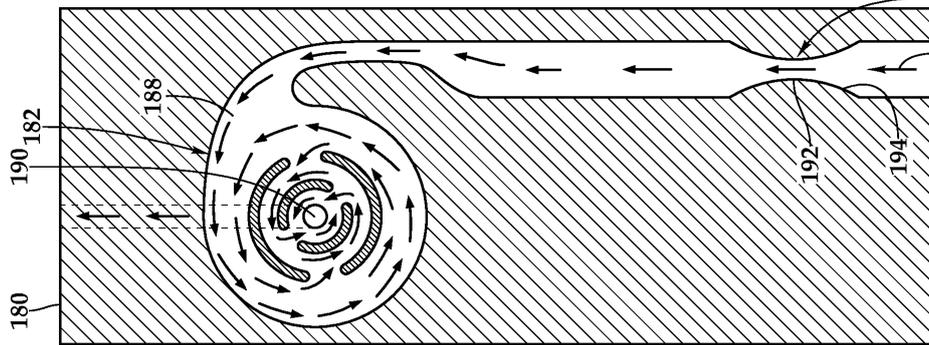
ФИГ.5В



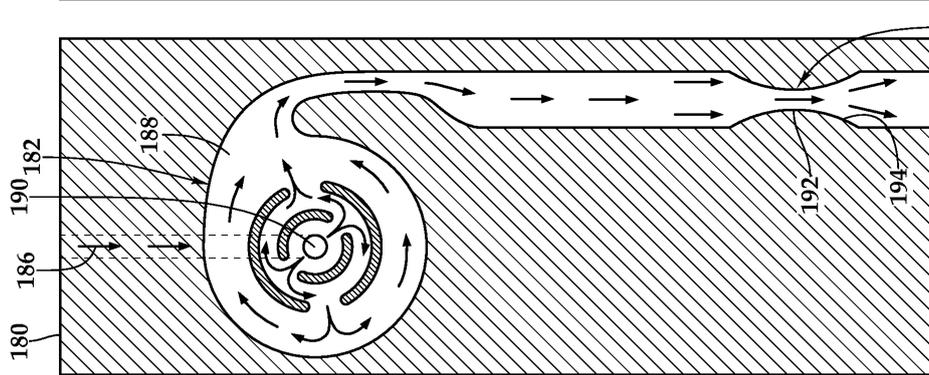
ФИГ.7В



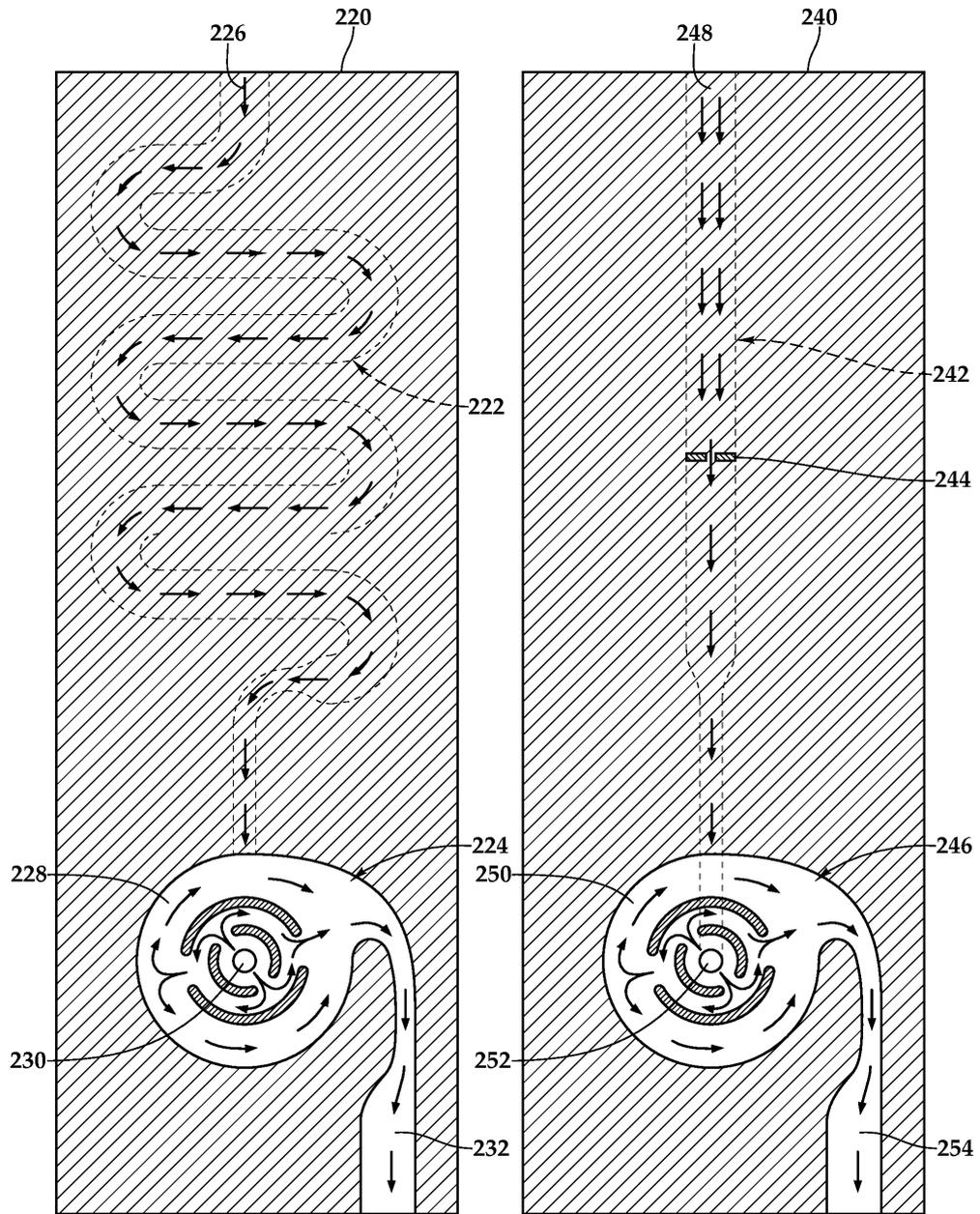
ФИГ.7А



ФИГ.6В

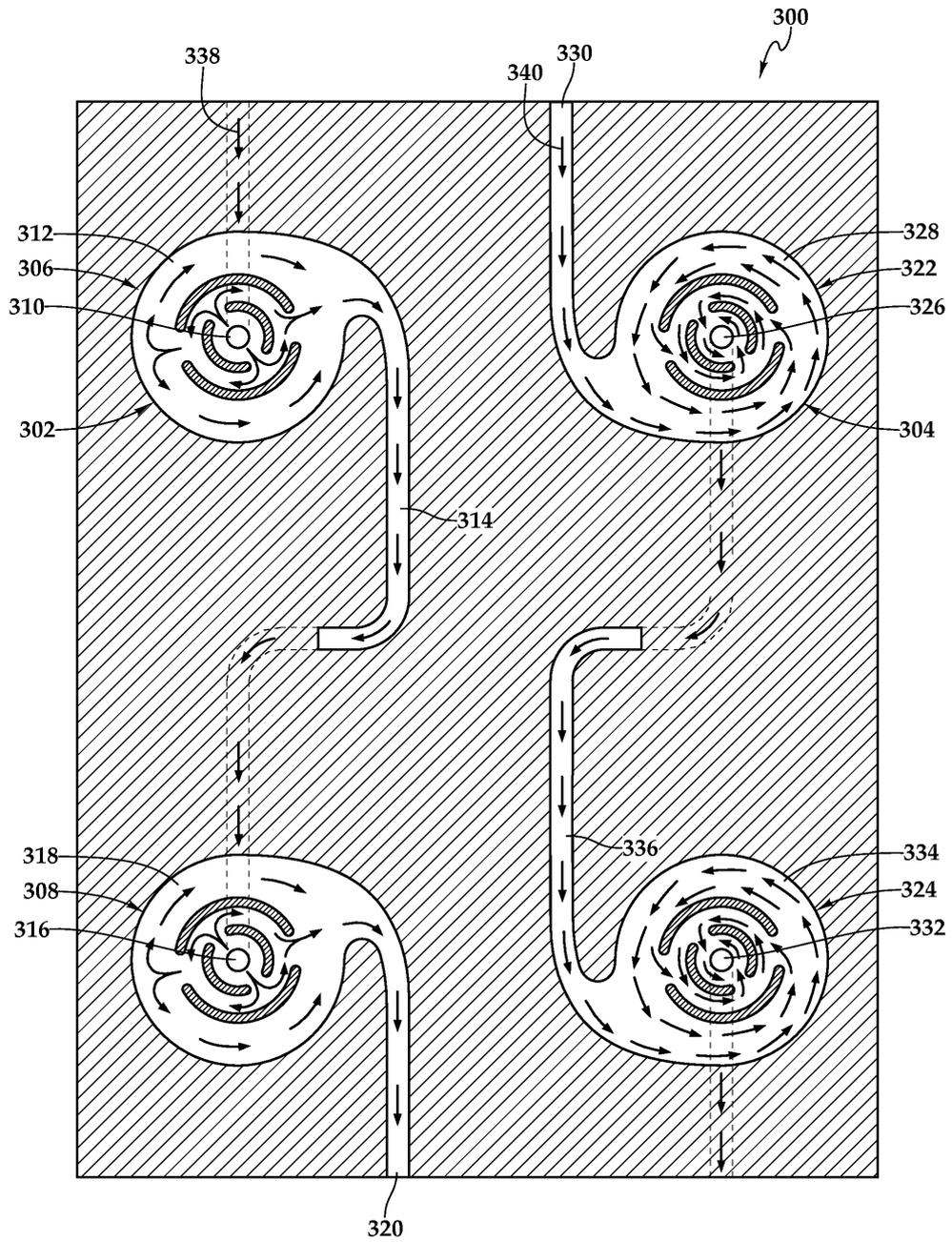


ФИГ.6А



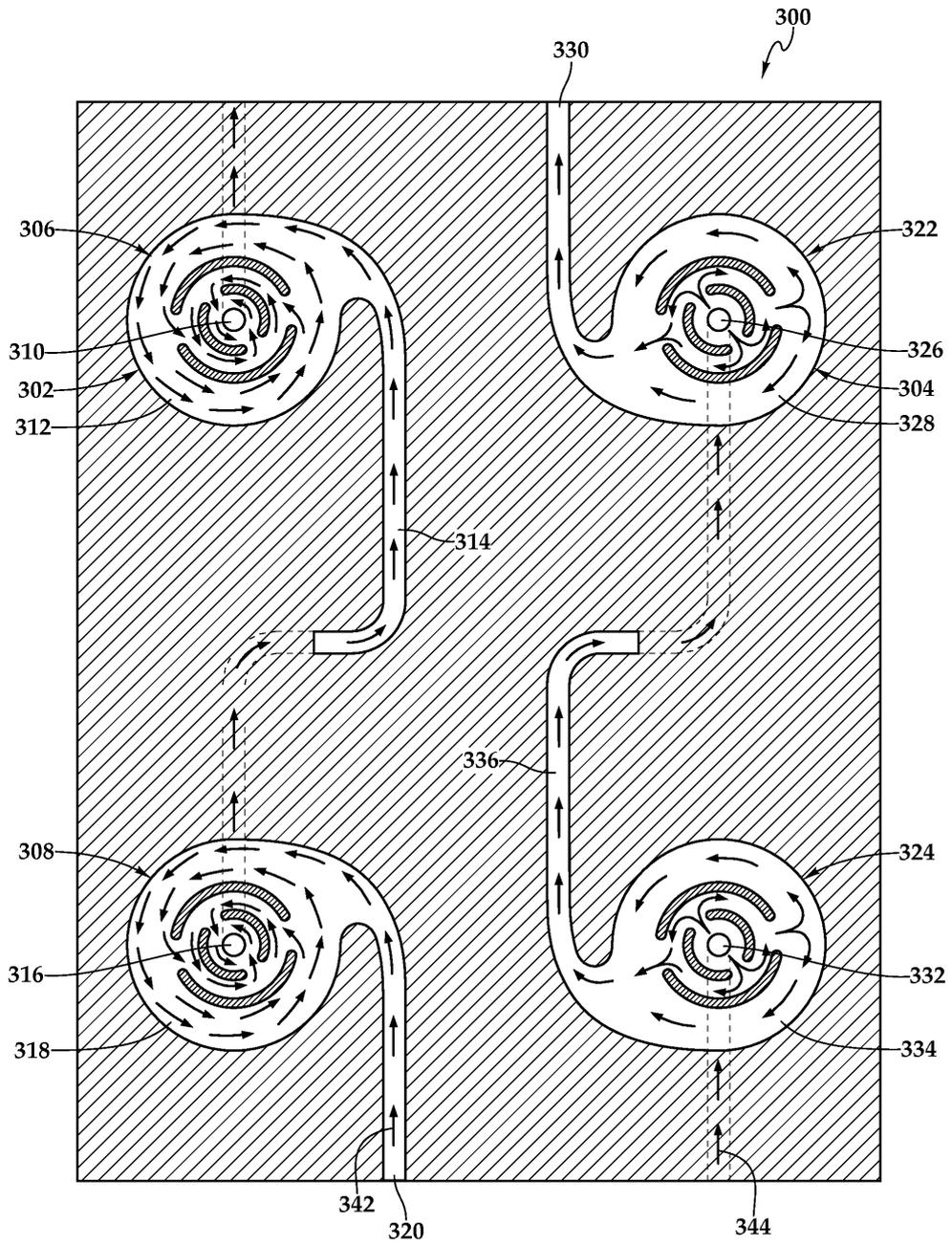
ФИГ.8

ФИГ.9



ФИГ.10А

9/9



ФИГ.10В