

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201992549** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.04.16

(51) Int. Cl. *A61M 25/01* (2006.01)
A61M 25/085 (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)
F16L 55/38 (2006.01)
F16L 55/36 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.04.26

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

(31) 2017901531; 2018900500

(72) Изобретатель:
Звитцер Энтони, Суторин Михаил
(AU)

(32) 2017.04.27; 2018.02.16

(33) AU

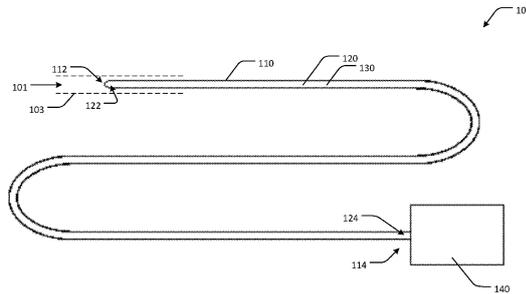
(86) PCT/AU2018/050380

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(87) WO 2018/195598 2018.11.01

(71) Заявитель:
ЭНДОДЖЕН ЛИМИТЕД (AU)

(57) Варианты осуществления изобретения в целом относятся к движущим трубчатым модулям и движущим устройствам для продвижения инструментов вдоль проходов и к связанным с ними способам использования. Например, инструменты могут включать в себя инструменты, датчики, зонды и/или аппаратуру для мониторинга для медицинского применения (например, при эндоскопии) или промышленного применения (например, при добыче полезных ископаемых). В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство может содержать удлиненную трубку, ограничивающую канал, выполненный с возможностью вмещения жидкости, и привод давления, сообщенный с этим каналом. Привод давления может быть выполнен с возможностью выборочного регулирования давления жидкости в канале, чтобы попеременно снижать давление для создания кавитации и образования пузырьков газа в жидкости и увеличивать давление для схлопывания некоторых или всех пузырьков газа обратно в жидкость, тем самым ускоряя по меньшей мере часть жидкости по направлению к первому концу трубки и передавая импульс трубке, чтобы продвигать трубку вдоль прохода.



201992549
A1

201992549
A1

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

Область техники, к которой относится изобретение

Варианты осуществления изобретения в целом относятся к движущим трубчатым модулям и движущим устройствам для продвижения инструментов вдоль проходов и к связанным с ними способам использования. Например, инструменты могут включать в себя инструменты, датчики, зонды и/или аппаратуру для мониторинга для медицинского применения (например, при эндоскопии) или промышленного применения (например, при добыче полезных ископаемых). Описанные варианты осуществления изобретения также пригодны для применений в других областях для продвижения инструмента вдоль прохода.

Уровень техники

Существует множество способов и устройств для продвижения инструментов вдоль проходов, применяемых при добыче полезных ископаемых и в медицине, например в эндоскопии. Имеется множество сложностей, связанных с продвижением обычного эндоскопического оборудования вдоль тракта или просвета в пациенте, и эти сложности могут нести соответствующие риски, связанные с нанесением повреждений пациенту.

Желательно устранить или преодолеть одну или несколько недоработок или недостатков, связанных с существующими движущими устройствами для продвижения инструментов вдоль проходов, или по меньшей мере предложить пригодную альтернативу.

Любое обсуждение документов, действий, материалов, устройств, изделий и т.п., которое было включено в настоящее описание, не следует воспринимать как признание того, что какой-либо или все эти вопросы являются частью предшествующего уровня техники или были общеизвестными в области, относящейся к настоящему изобретению, так как она существовала до даты приоритета каждого пункта формулы изобретения этой заявки.

В данном описании слово "содержать" или его варианты, такие как "содержит" или "содержащий", будет подразумевать включение указанного элемента, целого числа или этапа или группы элементов, целых чисел или этапов, но не исключение какого-либо другого элемента, целого числа или этапа, или группы элементов, целых чисел или этапов.

Раскрытие сущности изобретения

Некоторые варианты осуществления изобретения относятся к движущему устройству для продвижения инструмента вдоль прохода, содержащему:

удлиненную трубку, имеющую первый конец и второй конец, противоположный

первому концу, причем трубка образует канал, выполненный с возможностью вмещения жидкости, при этом первый конец канала закрыт на первом конце трубки или рядом с ним, а второй конец канала образован вторым концом трубки; и

привод давления, сообщенный со вторым концом канала и выполненный с возможностью выборочного регулирования давления жидкости в канале, чтобы поочередно:

- уменьшать давление для создания кавитация и образования пузырьков газа в жидкости; и

- увеличивать давление для схлопывания некоторых или всех пузырьков газа обратно в жидкость, тем самым ускоряя по меньшей мере часть жидкости по направлению к первому концу трубки и передавая импульс трубке, чтобы продвигать трубку вдоль прохода.

Некоторые варианты осуществления относятся к движущему трубчатому модулю, содержащему:

удлиненную трубку, имеющую первый конец и второй конец, противоположный первому концу, причем трубка образует канал, выполненный с возможностью вмещения жидкости, при этом первый конец канала закрыт на первом конце трубки или рядом с ним, а второй конец канала образован вторым концом трубки; и

поршень в сборе, соединенный со вторым концом трубки, причем поршень в сборе содержит:

- корпус, образующий отверстие, сообщенное по текучей среде с каналом трубки; и
- подвижный поршень, расположенный в указанном отверстии и выполненный с возможностью плотно примыкать к внутренней поверхности указанного отверстия,

при этом поршень в сборе и трубка объединены для получения герметичного сосуда, содержащего заданное количество жидкости и заданное количество газа.

Поршень в сборе может быть выполнен с возможностью взаимодействия с приводом, чтобы вызывать перемещение поршня для выборочного регулирования давления жидкости в канале, чтобы попеременно: уменьшать давление для создания кавитации и образования пузырьков газа в жидкости и увеличивать давление схлопывания некоторых или всех пузырьков газа обратно в жидкость, тем самым ускоряя по меньшей мере часть жидкости по направлению к первому концу трубки и передавая импульс трубке, чтобы продвигать трубку вдоль прохода.

В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство или движущий трубчатый модуль могут содержать одно или несколько средств, выполненных с возможностью способствовать возникновению кавитации в одной или нескольких

областях канала при снижении давления, причем одна или несколько областей проходят вдоль по меньшей мере части протяженности канала. Одно или несколько средств могут быть выполнены с возможностью способствовать возникновению кавитации во множестве областей, распределенных вдоль по меньшей мере части протяженности канала. Одно или несколько средств могут представлять собой изменение поверхности на внутренней поверхности канала.

Изменение поверхности может быть образовано покрытием. Покрытие может содержать гидрофобный материал. Покрытие может содержать каталитический материал. Покрытие может представлять собой одно или несколько покрытий, выбранных из следующего: октадецилтрихлорсилан, кремневодородные соединения, парилен С, фторполимеры, ПТФЭ (Тефлон™), полистирол на основе оксида марганца (MnO_2/PS), полистирола на основе нанокompозитного оксида цинка (ZnO/PS), нанокompозитный осажденный карбонат кальция, фторированные акрилатные олигомеры, уретан, акрил, поливинилпирролидон (ПВП), полиэтиленоксид, комбинации гидроксиэтилметакрилата и акриламидов или другие гидрофобные соединения.

Изменение поверхности может представлять собой топографическое изменение. Топографическое изменение может обладать поверхностной шероховатостью в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 500 мкм, примерно от 0,5 до 100 мкм или примерно от 1 до 10 мкм.

Топографическое изменение может быть образовано поверхностью с царапинами или углублениями. Топографическое изменение может образовывать множество V-образных каналов. Характеристический угол V-образных каналов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 10 до 90°, примерно от 30 до 60° или примерно от 40 до 50°. Средняя ширина V-образных каналов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 1 до 10 мкм или примерно от 2 до 4 мкм.

Топографическое изменение может образовывать множество конических углублений. Характеристический угол конических углублений может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 10 до 90°, примерно от 30 до 60° или примерно от 40 до 50°. Средняя ширина конических углублений может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 1 до 10 мкм или примерно от 2 до 4 мкм.

Топографическое изменение может образовывать множество выступов. Средняя высота выступов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 0,1 мкм до 1 мм, примерно от 1 до 500 мкм или примерно от 10 до 100 мкм. Средняя ширина выступов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 500 мкм, примерно от 0,5 до 100 мкм или примерно от 1 до 10 мкм. Среднее расстояние между

соседними выступами может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 500 мкм, примерно от 0,5 до 100 мкм или примерно от 1 до 10 мкм.

В некоторых вариантах осуществления изобретения выступы могут быть образованы нанопроволокой или полыми нанотрубками, которые могут быть выполнены из таких материалов, например, как углерод или кремний.

Для нанопроволоки, например, ширина выступов может принимать значение в диапазоне примерно от 10 до 500 нм, примерно от 20 до 300 нм или примерно от 100 до 200 нм; длина или высота выступов может принимать значение в диапазоне примерно от 0,1 до 100 мкм, примерно от 1 до 50 мкм или примерно от 10 до 20 мкм; а среднее расстояние между выступами может принимать значение в диапазоне примерно от 10 нм до 10 мкм, примерно от 10 до 100 нм или примерно от 100 нм до 1 мкм.

Для нанотрубок, например, ширина выступов может принимать значение в диапазоне примерно от 10 до 100 нм, примерно от 10 до 50 нм или примерно от 20 до 40 нм; длина или высота выступов может принимать значение в диапазоне примерно от 1 до 50 мкм, примерно от 5 до 30 мкм или примерно от 10 до 20 мкм; размер пор (или внутренний диаметр) выступов может принимать значение в диапазоне примерно от 1 до 40 мкм, примерно от 5 до 30 мкм или примерно от 10 до 20 мкм; а среднее расстояние между выступами может принимать значение в диапазоне примерно от 10 нм до 10 мкм, примерно от 10 до 100 нм или примерно от 100 нм до 1 мкм.

Топографическое изменение может образовывать пористую поверхность. Пористая поверхность может содержать, например, пену, спеченный материал или другой пористый материал. Средний размер пор пористой поверхности может быть в диапазоне, например, примерно от 10 нм до 200 мкм, от 20 до 250 нм, от 50 до 150 нм, от 10 до 200 мкм или от 50 до 100 мкм. Пористая поверхность может содержать слой пористого материала. Толщина пористого слоя может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 10 мкм до 1 мм или примерно от 50 до 100 мкм.

Одно или несколько средств могут представлять собой изменение теплопроводности стенки трубки вдоль протяженности канала. Теплопроводность стенки может меняться вдоль протяженности канала в диапазоне примерно от 0,25 до 240 Вт/(м·К).

Одно или несколько средств могут содержать один или несколько акустических преобразователей. Один или несколько акустических преобразователей могут быть расположены в стенке трубки. Один или несколько акустических преобразователей могут быть расположены снаружи стенки трубки. Рабочая частота акустических преобразователей может быть в диапазоне примерно от 1 до 100 кГц. Мощность,

связанная с энергией звукового излучения, направляемого в просвет канала акустическими преобразователями, может быть в диапазоне примерно от 10 до 100 мВт.

В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство может быть выполнено с возможностью продвижения медицинского инструмента вдоль просвета в теле пациента.

В некоторых вариантах осуществления изобретения канал может представлять собой непрерывный закрытый канал, проходящий от первого конца трубки до второго конца трубки. Трубка может быть армированной для сопротивления расширению или сжатию из-за изменений внутреннего давления. Трубка может быть выполнена из материала, пригодного для стерилизации.

В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство может содержать множество трубок проходящих рядом друг с другом, в соответствии с любым из описанных вариантов осуществления изобретения.

В некоторых вариантах осуществления изобретения привод давления может содержать гибкую мембрану, образующую герметичную камеру, и приводное средство, выполненное с возможностью деформировать гибкую мембрану, чтобы выборочно регулировать давление жидкости в канале.

В некоторых вариантах осуществления изобретения привод давления может содержать поршень в сборе, включающий в себя подвижный поршень, расположенный в отверстии поршня в сборе; и приводное средство, выполненное с возможностью приводить в действие поршень поршня в сборе, чтобы выборочно регулировать давление жидкости в канале. Поршень в сборе может быть соединен с трубкой, чтобы образовывать герметичный трубчатый модуль, содержащий жидкость, при этом поршень в сборе может быть соединен с приводным средством с возможностью отсоединения.

Некоторые варианты осуществления изобретения относятся к движущему трубчатому модулю, содержащему одну или несколько трубок в соответствии с любым из описанных вариантов осуществления изобретения; и

поршень в сборе, соединенный со вторым концом трубки, причем поршень в сборе содержит:

- корпус, образующий отверстие, сообщенное по текучей среде с каналом каждой из одной или нескольких трубок; и

- подвижный поршень, расположенный в указанном отверстии и выполненный с возможностью плотно примыкать к внутренней поверхности указанного отверстия.

Некоторые варианты осуществления изобретения относятся к движущему трубчатому модулю, содержащему:

одну из трубок в соответствии с любым из описанных вариантов осуществления изобретения; и

подвижный поршень, расположенный в канале на втором конце трубки или рядом с ним и выполненный с возможностью плотно примыкать к внутренней поверхности канала.

В некоторых вариантах осуществления изобретения поршень в сборе и одна или несколько трубок могут быть объединены для получения герметичного сосуда, содержащего заданное количество жидкости и заданное количество газа. Заданные количества жидкости и газа могут быть выбраны для определенной длины и диаметра трубки. Жидкость и газ могут удерживаться при заданном давлении, незначительно превышающем обычное давление в канале во время работы.

Некоторые варианты осуществления изобретения относятся к консоли привода, содержащей:

корпус, образующий гнездо, выполненное с возможностью приема и удержания движущего трубчатого модуля в соответствии с любым из описанных вариантов осуществления изобретения;

привод, выполненный с возможностью приведения в действие поршня; и

контроллер, выполненный с возможностью управления приводом для перемещения поршня, чтобы выборочно регулировать давление в канале трубки.

Некоторые варианты осуществления изобретения относятся к способу продвижения инструмента по проходу, включающему выборочное регулирование давления жидкости в трубке, соединенной с инструментом, чтобы последовательно вызывать в результате кавитации образование пузырьков газа в жидкости, а затем схлопывание пузырьков газа обратно в жидкость для ускорения жидкости внутри трубки, передачи импульса от жидкости трубке и продвижения трубки по проходу.

Краткое описание чертежей

Далее будут подробно описаны примеры вариантов осуществления изобретения со ссылкой на чертежи.

На фиг. 1 показана принципиальная схема движущего устройства в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 2A–2F – ряд продольных сечений части трубки движущего устройства, показывающих цикл зарождения и образования в результате кавитации пузырьков газа в жидкости, содержащейся в трубке, а также последующего схлопывания пузырьков газа обратно в жидкость, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 3А–3G – ряд продольных сечений части трубки движущего устройства, показывающих цикл зарождения и образования в результате кавитации пузырьков газа в жидкости, содержащейся в трубке, а также последующего схлопывания пузырьков газа обратно в жидкость, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 4 – продольное сечение части трубки движущего устройства, показывающее средства, способствующие зарождению и/или слиянию пузырьков в определенных областях внутри трубки, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 5 – продольное сечение части трубки движущего устройства, показывающее средства, способствующие зарождению и/или слиянию пузырьков в определенных областях внутри трубки, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 6 – продольное сечение части трубки движущего устройства, показывающее средства, способствующие зарождению и/или слиянию пузырьков в определенных областях внутри трубки, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 7 – топографическое изменение поверхности, которое способствует зарождению пузырьков, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 8А–8Е – ряд изображений выступов различных типов, которые способствуют зарождению пузырьков, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 9 – пористая поверхность, которая способствует зарождению пузырьков, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 10А–10С – ряд изображений различных типов крупномасштабных топографических изменений поверхности для улучшения передачи импульса между жидкостью и трубкой в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 11 – примеры графиков смещения и скорости, иллюстрирующие перемещение поршня привода давления, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 12 – пример цикла давления, показывающий давление, приложенное к жидкости в трубе, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 13А и 13В – поперечные сечения двух устройств с множеством трубок,

показывающие различные расположения трубок, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 14 – принципиальная схема части движущего устройства со съемной трубкой и поршнем в сборе в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения;

на фиг. 15 – передняя панель консоли привода движущего устройства, показанного на фиг. 14;

на фиг. 16 – эндоскопическая система, включающая в себя движущее устройство, показанное на фиг. 14, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения; и

на фиг. 17 – движущее устройство с альтернативным трубчатым модулем в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения.

Осуществление изобретения

Варианты осуществления изобретения, в целом, относятся к движущим устройствам для продвижения инструментов вдоль проходов и к связанным с ними способам использования. Например, инструменты могут включать в себя инструменты, датчики, зонды и/или аппаратуру для мониторинга, предназначенные для медицинского применения (например, в эндоскопии) или промышленного применения (например, при добыче полезных ископаемых). Описанные варианты осуществления изобретения также пригодны для применений в других областях для продвижения инструмента вдоль канала.

На фиг. 1 показано движущее устройство 100 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения. Движущее устройство 100 содержит удлиненную трубку 110, ограничивающую просвет или канал 120, выполненный с возможностью вмещения жидкости 130, и привод 140 давления, выполненный с возможностью выборочного регулирования давления жидкости 130 в канале 120, например, путем изменения давления, как вариант, непрерывного изменения давления.

Первый, или дистальный, конец 122 канала 120 закрыт на первом, или дистальном, конце 112 трубки 110 или возле него. Дистальный конец 112 трубки 110 показан на фиг. 1 расположенным в канале или просвете 101 прохода 103.

В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 может быть выполнена с возможностью введения в и через биологический тракт, такой как просвет 101 прохода 103 пациента. Примеры таких биологических трактов включают в себя пищевод, желудок, кишечник, толстую кишку, тонкую кишку, толстый кишечник, двенадцатиперстную кишку или любой один или несколько проходов желудочно-кишечной системы. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 может

быть выполнена с возможностью введения в и через другой проход 103 пациента, например: кровеносные сосуды, вены или артерии. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 может быть предназначена для применения в медицине или ветеринарии. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 может быть предназначена для промышленного применения, например: для использования в водопроводных трубах, полостях стенок, кабельных трассах, оборудовании, горном деле или в скважинах.

В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 может быть выполнена с возможностью размещения внутри трубки для введения эндоскопа, а трубка для введения может быть выполнена с возможностью введения в проход 103, такой как проход пациента. Пример такого расположения показан на фиг. 16. Трубка 110 движущего устройства 100 может быть размещена в канале для движущей трубки (не показан) внутри трубки для введения. В некоторых вариантах осуществления изобретения канал движущей трубки может быть концентрическим или соосным с внешним диаметром трубки для введения и может проходить вдоль центральной продольной оси трубки для введения. В некоторых вариантах осуществления изобретения канал движущей трубки может быть смещен в радиальном направлении от центральной оси трубки для введения.

Привод 140 давления сообщен со вторым, или проксимальным, концом 124 канала 120 на втором, или проксимальном, конце 114 трубки 110, противоположном дистальному концу 112, или около него. Канал 120 может представлять собой непрерывный закрытый канал, проходящий от первого конца 112 трубки 110 до второго конца 114 трубки 110.

Привод 140 давления может представлять собой любое подходящее устройство, выполненное с возможностью выборочного регулирования давления жидкости 130 в канале 120, например возвратно-поступательный поршень. В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 140 давления может содержать поршень, приводимый в действие двигателем, таким как линейный двигатель, управляемый контроллером (не показан).

Привод 140 давления может быть выполнен с возможностью постепенного снижения давления в канале 120, чтобы вызывать кавитацию и образование пузырьков газа в жидкости 130, а затем резкого увеличения давления для сжатия и схлопывания пузырьков газа обратно в жидкость 130, тем самым ускоряя по меньшей мере часть жидкости 130 в направлении первого конца 112 трубки 110, чтобы импульс передавался от жидкости трубке 110 для продвижения трубки 110 по проходу.

В некоторых вариантах осуществления изобретения, если канал 120 находится под начальным, или базовым, давлением, то в канале 120 могут находиться объемы газа и

жидкости 130, при этом приводом 140 давления могут управлять так, чтобы увеличивать давление для сжатия и растворения части или всего объема газа в жидкости 130. В некоторых вариантах осуществления изобретения канал 120 может быть полностью заполнен жидкостью 130, при этом привод 140 давления может снизить давление, чтобы вызвать в результате кавитации образование пузырьков газа в жидкости 130. В различных вариантах осуществления изобретения базовое давление может быть установлено равным атмосферному давлению или близким к нему, значительно выше атмосферного давления или значительно ниже атмосферного давления.

Привод 140 давления может быть выполнен с возможностью регулирования давления в повторяющемся цикле, чтобы вызывать образование в результате кавитации пузырьков газа в жидкости 130, а затем сжимать часть газа или весь газ обратно в жидкость 130. В различных приложениях разница между максимальным давлением в канале 120 и минимальным давлением в канале 120 может находиться, например, в диапазоне примерно от 10 кПа до 100 МПа, примерно от 10 кПа до 100 кПа, примерно от 100 кПа до 1 МПа, примерно от 1 до 10 МПа или примерно от 10 до 100 МПа. В некоторых вариантах осуществления изобретения максимальное давление может быть выше атмосферного давления, ниже атмосферного давления или близко к атмосферному давлению. В некоторых вариантах осуществления изобретения минимальное давление может быть выше атмосферного давления, ниже атмосферного давления или близко к атмосферному давлению, но иметь ненулевую разницу с максимальным давлением.

Например, для применения в желудочно-кишечном тракте давление в канале может варьироваться от значения на 100 кПа ниже атмосферного давления до значения на 1000 кПа выше атмосферного давления; для сердечно-сосудистых применений давление в канале может варьироваться от значения на 20 кПа ниже атмосферного давления до значения на 300 кПа выше атмосферного давления; для промышленного применения давление в канале может варьироваться от значения на 1000 кПа ниже атмосферного давления до значения на 10000 кПа выше атмосферного давления.

Жидкость 130 в канале 120 может содержать любое одно или несколько из следующих веществ: чистая жидкость, раствор, раствор газа/жидкости (т.е. газ, растворенный в жидкости), смесь газа и жидкости, смесь жидкости и твердых частиц, например суспензию, и смесь двух или более смешиваемых или несмешиваемых жидкостей. В некоторых вариантах осуществления изобретения объемное отношение газа к жидкости при атмосферном давлении может находиться в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 10%, примерно от 0,5 до 5% или примерно от 1 до 2%.

Жидкость 130 может содержать любые подходящие жидкости, газы, твердые

частицы или растворы, такие как, например: вода, этанол, диоксид углерода, азот, воздух, оксид азота, аргон, соли, хлорид натрия, муравьинокислый калий, кислоты, уксусная кислота или метавольфрамат лития.

Для различных областей применения могут быть пригодны различные жидкости. Например, в области медицины предпочтительные жидкости могут быть биосовместимыми, нетоксичными (или иметь очень низкую токсичность), непирогенными, невоспалительными, не сильно осмотическими, сравнительно инертными и пригодными для применения при сравнительно низких давлениях и при температуре, аналогичной обычной температуре пациента. Например, вода, этанол, диоксид углерода, азот, воздух, оксид азота, аргон.

В промышленности, где биосовместимость не требуется, могут быть предпочтительными, например, жидкости, обладающие более высокой плотностью, такие как, например, водные растворы инертных неорганических соединений. Подходящей жидкостью высокой плотности может быть водный раствор метавольфрамата лития, который имеет высокую плотность, низкую вязкость и хорошую теплоустойчивость.

В различных вариантах осуществления изобретения трубка 110 может быть выполнена из разных материалов в зависимости от их пригодности для данной области применения. Например, для медицинской области трубка 110 может быть выполнена из нетоксичного материала, который достаточно гибок, чтобы огибать углы или поворачиваться в проходе внутри тела пациента.

Некоторые примеры материалов, которые можно использовать для изготовления трубки 110 в различных областях применения, включают в себя: полимеры, пластмассы, полиэтилен, полиэтилен высокой плотности, политетрафторэтилен, винил, нейлон, резину, эластомеры, смолы или композитные материалы, содержащие текстильные материалы, пропитанные полимерами, эластомерами или смолами, для увеличения гибкости также могут быть использованы полимеры, содержащие во внутренней структуре пустоты (пены), такие как экструдированный политетрафторэтилен (ePTFE). Композиционное наложение этих материалов также может быть использовано для повышения прочности, поддержания гибкости и сопротивления внутреннему давлению или перегибам.

Стенка 118 трубки 110 должна обладать прочностью и толщиной, достаточными для того, чтобы выдерживать ожидаемый диапазон перепадов давления для данного применения. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 или стенка 118 трубки могут быть армированы для предотвращения расширения и/или сжатия трубки из-за изменений давления. Может быть использован любой подходящий армирующий

материал, такой как, например, высокопрочные волокна или сверхвысокомолекулярный полиэтилен.

Для иллюстрации процесса кавитации на фиг. 2А–2F в виде ряда диаграмм показан участок трубки 110 движущего устройства 100 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения.

Как показано на фиг. 2А, при начальном, или базовом, давлении канал 120 может быть по существу или полностью заполнен жидкостью 130 с небольшим количеством газа или без газа внутри канала 120. (Хотя в некоторых вариантах осуществления изобретения в канале может присутствовать значительный объем газа при базовом давлении).

Когда давление в канале 120 постепенно снижается с помощью привода 140 давления, в жидкости 130 внутри канала 120 могут начать образовываться пузырьки 133 газа, как показано на фиг. 2В. Пузырьки 133 газа могут содержать газ, который ранее был растворен в жидкости 130, и/или пары (то есть газообразную фазу жидкости 130). Пузырьки 133 могут образовываться в результате гомогенного зарождения или гетерогенного зарождения в жидкости 130 в очагах зарождения, таких как частицы, взвешенные в жидкости 130, и/или в очагах зарождения на внутренней поверхности 126 трубки 110.

По мере дальнейшего снижения давления пузырьки 133 могут увеличиваться в объеме с образованием более крупных пузырьков 133с, как показано на фиг. 2С, и в результате зарождения могут продолжать образовываться новые пузырьки 133. Некоторые из пузырьков 133, 133с могут объединяться, образуя еще более крупные пузырьки 133d, как показано на фиг. 2D.

При определенных условиях пузырьки 133 могут объединяться, образуя большой пузырек 133е, который перекрывает просвет канала 120, как показано на фиг. 2Е. То есть перекрывающий пузырь 133е может занимать весь просвет канала 120 в области канала 120, так что с обеих сторон от пузыря 133е находятся отдельные части жидкости 130. Может быть желательно способствовать образованию или стимулировать образование таких перекрывающих пузырьков 133е в канале 120, поскольку это может усиливать или увеличивать движущий эффект за счет увеличения ускорения жидкости 130 во время резкого повышения давления и, таким образом, увеличения кинетической энергии, передаваемой жидкости 130, и импульса, передаваемого трубке 110.

Когда давление увеличивается (то есть во время сжатия), жидкость 130 ускоряется в дистальном направлении (то есть к первому, или дистальному, концу 122 канала 120), как показано стрелками 201 на фиг. 2F. Благодаря сравнительно высокой сжимаемости газовых пузырьков 133, которая на порядки выше, чем сравнительно низкая сжимаемость

жидкости 130, жидкость 130 может быстро ускоряться и сжимать пузырьки 133, как показано на фиг. 2F.

Когда пузырьки 133 сжимаются, они испытывают резкое увеличение давления и плотности и схлопываются (т.е. растворяются и/или конденсируются) обратно в жидкость 130, как показано на фиг. 2A. Скорость растворения/схлопывания пузырьков 133 в жидкости 130 может быть увеличена путем увеличения общей площади поверхности границ раздела газ-жидкость. Следовательно, может быть желательно способствовать образованию или стимулировать образование множества пузырьков 133, предпочтительно множества перекрывающихся пузырьков 133e.

Существует ряд способов, с помощью которых можно увеличить вероятность образования перекрывающихся пузырьков 133e, некоторые из которых обсуждаются ниже. Например, в некоторых вариантах осуществления изобретения в жидкость 130 могут быть включены одна или несколько добавок для улучшения слияния пузырьков. В некоторых вариантах осуществления изобретения внутренний диаметр канала 120 может быть выбран сравнительно небольшим, так что для перекрывания просвета требуются только сравнительно небольшие объемы пузырьков. Однако внутренний диаметр просвета все еще должен быть достаточно большим, чтобы позволить жидкости 130 течь вдоль канала 120, когда давление резко увеличивается (то есть она не должна быть слишком ограничена капиллярным сопротивлением). В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство 100 может содержать несколько трубок 110, проходящих рядом друг с другом, при этом каждая из них образует канал 120. Благодаря этому, внутренний диаметр каждого канала 120 может быть сравнительно небольшим при сохранении сравнительно большого общего количества жидкости 130 внутри трубок 110.

В некоторых вариантах осуществления изобретения кавитация, зарождение пузырьков и/или слияние пузырьков могут быть усилены, спровоцированы или стимулированы в определенных областях канала 120.

В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство 100 может содержать одно или несколько средств, выполненных с возможностью стимулировать кавитацию, зарождение пузырьков и/или слияние пузырьков в одной или нескольких областях канала при снижении давления. Одна или несколько областей могут проходить вдоль по меньшей мере части протяженности канала 120. Например, одно или несколько средств могут быть выполнены с возможностью способствовать кавитации, зарождению пузырьков и/или слиянию пузырьков в нескольких областях, распределенных по длине канала 120.

В некоторых вариантах осуществления изобретения каждая область, в которой

вызывается кавитация, может проходить вдоль части протяженности канала на расстояние примерно от 10 до 400% от внутреннего диаметра канала 120, например примерно от 30 до 300%, например примерно от 50 до 200%. В некоторых вариантах осуществления изобретения расстояние между соседними областями, в которых вызывается кавитация, может быть больше, чем внутренний диаметр канала 120, например, в 2–50, 5–30 или 10–20 раз.

Для иллюстрации процесса кавитации на фиг. 3A–3G в виде ряда диаграмм показан участок трубки 110 движущего устройства 100 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения. Процесс кавитации аналогичен описанному в отношении фиг. 2A–2F; однако трубка 110, показанная на фиг. 3A–3G, также включает в себя одно или несколько средств 330, выполненных с возможностью стимулировать кавитацию, зарождение пузырьков и/или слияние пузырьков в одной или нескольких областях канала 120 при снижении давления.

Как показано на фиг. 3A, при начальном, или базовом, давлении канал 120 может быть по существу или полностью заполнен жидкостью 130 с небольшим количеством газа или без газа внутри канала 120.

Когда давление в канале 120 постепенно снижается с помощью привода 140 давления, в жидкости 130 внутри канала 120 могут начать образовываться пузырьки 133 газа, как показано на фиг. 3B. Некоторые пузырьки 133 могут образовываться случайным образом по всей жидкости 130; однако вероятность образования пузырьков 133 будет выше в областях средств 330, способствующих кавитации.

По мере дальнейшего снижения давления пузырьки 133 могут увеличиваться в объеме с образованием более крупных пузырьков 133с, как показано на фиг. 3C, и в результате зарождения могут продолжать образовываться новые пузырьки 133. Некоторые из пузырьков 133, 133с могут объединяться, образуя еще более крупные пузырьки 133d, как показано на фиг. 3D.

Пузырьки 133 могут объединяться, образуя перекрывающие просвет пузырьки 133е, которые перекрывают весь диаметр просвета канала 120, как показано на фиг. 3E. Формирование перекрывающих просвет пузырьков 133е может быть более вероятным в областях средств 330 из-за большего количества или размера образующихся пузырьков и/или усиленного слияния пузырьков.

Когда давление увеличивается, жидкость 130 ускоряется в дистальном направлении (то есть к первому, или дистальному, концу 122 канала 120), как показано стрелками 301 на фиг. 3F, и пузырьки сжимаются и уменьшаются в объеме, как показано на фиг. 3G.

Когда пузырьки 133 сжимаются, они испытывают резкое увеличение давления и плотности и схлопываются (т.е. растворяются и/или конденсируются) обратно в жидкость 130, как показано на фиг. 3А.

Средства 330 могут представлять собой любые пригодные средства для усиления, способствования, стимулирования или увеличения вероятности кавитации, зарождения пузырьков и/или слияния пузырьков.

Как показано на фиг. 4, в некоторых вариантах осуществления изобретения одно или несколько средств могут представлять собой изменение теплопроводности и/или теплоемкости стенки 118 трубки вдоль протяженности канала 120. Это изменение теплопроводности и/или теплоемкости может быть достигнуто путем выполнения участков 430 стенки в разных местах по длине канала 120, содержащих материал, имеющий более высокую теплопроводность и/или теплоемкость, чем остальная часть стенки 118. Например, в некоторых вариантах осуществления изобретения стенка 118 может быть выполнена из экструдированного полимера, а в определенных частях стенки 118 могут быть вкрапления металлических частиц для создания участка 430 стенки со сравнительно более высокой теплоемкостью и теплопроводностью.

Разница в теплопроводности и/или теплоемкости между участками 430 стенки и остальной частью стенки 118 может привести к более высокой вероятности возникновения кавитации и зарождения пузырьков в области этих участков 430 стенки по сравнению с остальной частью канала 120.

В некоторых вариантах осуществления изобретения теплопроводность стенки 118 может меняться вдоль протяженности канала в диапазоне примерно от 0 до 240 Вт/(м·К). В некоторых вариантах осуществления изобретения теплопроводность участков 430 стенки может быть выше, чем у остальной части стенки 118 по меньшей мере в 10 раз, по меньшей мере в 100, по меньшей мере в 500 или по меньшей мере в 1000 раз. Например, в некоторых вариантах осуществления изобретения теплопроводность участков 430 стенки может быть в диапазоне примерно от 100 до 300 Вт/(м·К), примерно от 150 до 250 Вт/(м·К) или примерно 200 Вт/(м·К), в то время как теплопроводность остальной части стенки 118 может находиться в диапазоне примерно от 0,1 до 10 Вт/(м·К) или примерно от 0,5 до 1 Вт/(м·К).

Как показано на фиг. 5, в некоторых вариантах осуществления изобретения одно или несколько средств 330 могут представлять собой один или несколько акустических преобразователей 530. Акустические преобразователи 530 могут быть подключены к контроллеру через один или несколько кабелей 535 и могут быть выполнены с возможностью излучения акустической энергии с такой амплитудой и частотой, которая

способствует возникновению кавитации, зарождению пузырьков и/или слиянию пузырьков.

Акустические преобразователи 530 могут быть соединены с внешней или внутренней поверхностью трубки 110, расположены снаружи стенки 118 трубки 110 или, в некоторых вариантах осуществления изобретения, могут быть расположены или встроены в стенку 118 трубки 110. В некоторых вариантах осуществления изобретения акустические преобразователи 530 могут представлять собой пьезоэлектрические накладные преобразователи.

Рабочая частота акустических преобразователей 530 может быть, например, в диапазоне примерно от 1 до 100 кГц или примерно от 10 до 25 кГц. Рабочая частота акустических преобразователей 530 может быть выбрана так, чтобы она была выше порога Блейка для механического зарождения пузырьков газа размером по меньшей мере 1 мкм в системах с коэффициентом газонасыщения, приближающимся к 1 (т.е. полностью насыщенных). Порог увеличивается с увеличением частоты и уменьшением газонасыщения (для справки см. Прогнозирование акустической кавитации, Р. Э. Апфель, Журнал Акустического общества Америки 69, 1624 (1981)).

Акустическая энергия может быть направлена в просвет канала акустическими преобразователями 530, чтобы способствовать кавитации, усиливать ее или помогать вызывать кавитацию в жидкости 130. В некоторых вариантах осуществления изобретения характеристики поля звукового излучения могут содержать, например, изменение давления в диапазоне примерно от 10 до 100 МПа, длительность импульса в диапазоне примерно от 0,2 до 10 мс и общую мощность в диапазоне примерно от 10 до 100 мВт. В некоторых вариантах осуществления изобретения акустические преобразователи 530 могут работать при давлении примерно 100 кПа, смещении примерно 25 мкм и частоте примерно 21 кГц.

В некоторых вариантах осуществления изобретения средства 330 могут представлять собой один или несколько лазеров, выполненных с возможностью вызывать кавитацию в жидкости 130. Например, в некоторых вариантах осуществления изобретения средства 330 могут представлять собой микродиодные лазерные модули, встроенные в стенку 118 трубки 110. Лазерные модули могут быть активированы импульсами длительностью от 10 до 20 мс, чтобы соответствовать фазе низкого давления цикла давления с целью способствовать, усиливать или помогать зарождению пузырьков газа 133.

В некоторых вариантах осуществления изобретения средства 330 могут представлять собой одну или несколько пар электрических проводников, расположенных

в просвете канала 120 и на небольшом расстоянии друг от друга в диапазоне примерно от 0,1 до 0,5 мм, так что от одного проводника к другому через жидкость 130 может проходить разряд электрического тока, вызывающий ионизацию жидкости 130 и последующее зарождение пузырьков газа. Проводящие пары могут быть расположены в круговой конфигурации и встроены в стенку непроводящей полимерной трубки. Проводящие пары могут быть соединены с источником электропитания посредством проводящих проводов, проходящих по длине трубки 110. Источник питания может содержать разрядную цепь большой мощности, высокого напряжения и слабого тока, которая может быть рассчитана по времени так, чтобы осуществлять разряд в самой низкой точке цикла давления, создаваемого приводом 140 давления. Подаваемое напряжение может принимать значение в диапазоне от 100 до 200 В. Ток может принимать значение в диапазоне от 1 мА до 10 мА.

Как показано на фиг. 6, в некоторых вариантах осуществления изобретения одно или несколько средств 330 могут представлять собой изменение 630 поверхности на внутренней поверхности 126 трубки 110. То есть участок 630 изменения поверхности внутренней поверхности 126, который отличается от остальной части внутренней поверхности 126 и выполнен с возможностью способствовать образованию или стимулировать образование пузырьков.

В некоторых вариантах осуществления изобретения изменение 630 поверхности может представлять собой покрытие, нанесенное на часть внутренней поверхности 126 трубки 110. В некоторых вариантах осуществления изобретения изменение 630 поверхности может представлять собой покрытие из каталитического материала, такого как, например, октадецилтрихлорсилан (для ускорения образования CO_2) или другие подобные соединения. В некоторых вариантах осуществления изобретения изменение 630 поверхности может представлять собой гидрофобное покрытие, такое как, например, силановые (силикон-гидридные) соединения, парилен С или фторполимеры, такие как ПТФЭ (Teflon™), полистирол на основе оксида марганца (MnO_2/PS), полистирол на основе нанокompозитного оксида цинка (ZnO/PS), нанокompозитный осажденный карбонат кальция или фторированные акрилатные олигомеры.

В некоторых вариантах осуществления изобретения остальная часть внутренней поверхности 126 может быть сформирована из гидрофильного материала или покрыта гидрофильным материалом, таким как, например, уретан, акрил, поливинилпирролидон (PVP), полиэтиленоксид, комбинации гидроксиэтилметакрилата или акриламида, или другого подходящего материала для предотвращения образования пузырьков на остальной внутренней поверхности 126 (то есть вне изменений 630 поверхности).

В некоторых вариантах осуществления изобретения изменение 630 поверхности может представлять собой топографическое изменение. Сравнительно небольшие топографические изменения (например, на длине порядка 1–100 мкм) могут обеспечивать места зарождения, чтобы стимулировать зарождение и рост или способствовать зарождению и росту пузырьков. Например, топографическое изменение может представлять собой изменение шероховатости поверхности, микропористую поверхность, поцарапанную или углубленную поверхность, множество выступов, выступающих волокон, нанотрубок, углублений, каналов, гребней, ребер, выемок, полостей или других геометрических изменений. Топографические изменения могут быть сформированы, например, путем литья, царапин, резки, накатки, травления, истирания или оттиска. В некоторых вариантах осуществления изобретения пористые частицы, такие как керамика, могут быть встроены в стенку 118 трубки 110 на внутренней поверхности 126 для обеспечения мест зарождения.

В некоторых вариантах осуществления изобретения топографическое изменение может проходить по всей внутренней поверхности 126 трубки 110. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 может быть выполнена с топографическим изменением, проходящим по всей внутренней поверхности 126, а затем некоторые участки внутренней поверхности 126 могут быть сглажены (например, посредством полимерного покрытия), оставляя открытыми/несглаженными участки топографического изменения, чтобы сформировать изменения 630 поверхности. Например, стенка 118 трубки 110 может быть выполнена из пористого материала, и тогда определенные участки внутренней поверхности 126 могут быть уплотнены, оставляя открытыми/неуплотненными участки внутренней поверхности 126, чтобы сформировать изменения 630 поверхности.

Изменения 630 поверхности могут представлять собой любые подходящие топографические изменения для данной области применения. Ряд подходящих топографических изменений описан ниже.

В некоторых вариантах осуществления изобретения топографическое изменение может образовывать множество V-образных каналов. V-образные каналы могут быть выровнены параллельно друг другу или могут быть сориентированы произвольно и пересекаться друг с другом.

Характеристический угол V-образных каналов (т.е. угол вершины V-образной формы) может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 10 до 90°, примерно от 30 до 60° или примерно от 40 до 50°. Средняя ширина V-образных каналов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 1 до 10 мкм или примерно

от 2 до 4 мкм. Средняя глубина V-образных каналов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 1 до 10 мкм или примерно от 2 до 4 мкм.

Как показано на фиг. 7, в некоторых вариантах осуществления изобретения поверхностное изменение 730 может представлять собой частично случайный рисунок пересекающихся V-образных каналов 737. Это может быть достигнуто путем истирания с использованием алмазных частиц с номинальным размером 2 мкм. Алмазные частицы могут иметь острые V-образные вершины и могут быть нанесены на металлический вращающийся стержень, прикладываемый к внутренней поверхности 126. Металлический стержень может быть приложен к внутренней поверхности 126 с помощью вращательного колебания для создания поверхностных изменений 730. Атомно-силовая микрофотография типичного случайного рисунка V-образных царапин, полученных с помощью этого метода, показана на фиг. 7.

В некоторых вариантах осуществления изобретения топографическое изменение может задавать множество конических углублений. Конические углубления могут быть расположены произвольно или в виде периодической решетки.

Характеристический угол конических углублений (т.е. угол вершины конических углублений) может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 10 до 90°, примерно от 30 до 60° или примерно от 40 до 50°. Средняя ширина конических углублений может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 1 до 10 мкм или примерно от 2 до 4 мкм. Средняя глубина конических углублений может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 1 до 10 мкм или примерно от 2 до 4 мкм.

В некоторых вариантах осуществления изобретения топографическое изменение может образовывать множество выступов. Выступы могут образовывать подходящую форму и, в некоторых вариантах осуществления изобретения, могут образовывать несколько различных форм. Выступы могут быть расположены произвольно или в виде периодической решетки.

Средняя высота выступов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 1 мм, примерно от 1 до 500 мкм или примерно от 10 до 100 мкм. Средняя ширина выступов может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 500 мкм, примерно от 0,5 до 100 мкм или примерно от 1 до 10 мкм. Среднее расстояние между соседними выступами может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 500 мкм, примерно от 0,5 до 100 мкм или примерно от 1 до 10 мкм.

На фиг. 8А–8Е показаны некоторые примеры изменений 830 поверхности в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения. Каждое изменение

830 поверхности образует множество выступов 835. В некоторых вариантах осуществления изобретения выступы 835 могут образовывать ребра или гребни 835, разделенные каналами 837.

В некоторых вариантах осуществления изобретения выступы 835 могут представлять собой нанопроволоку или полые нанотрубки, которые могут быть выполнены из таких материалов, например, как углерод или кремний. Для нанопроволоки, например, ширина выступов 835 может принимать значение в диапазоне примерно от 10 до 500 нм, примерно от 20 до 300 нм или примерно от 100 до 200 нм; длина или высота выступов 835 может принимать значение в диапазоне примерно от 0,1 до 100 мкм, примерно от 1 до 50 мкм или примерно от 10 до 20 мкм; а среднее расстояние между выступами 835 может принимать значение в диапазоне примерно от 10 нм до 10 мкм, примерно от 10 до 100 нм или примерно от 100 нм до 1 мкм. Для нанотрубок, например, ширина выступов 835 может принимать значение в диапазоне примерно от 10 до 100 нм, примерно от 10 до 50 нм или примерно от 20 до 40 нм; длина или высота выступов 835 может принимать значение в диапазоне примерно от 1 до 50 мкм, примерно от 5 до 30 мкм или примерно от 10 до 20 мкм; размер пор (или внутренний диаметр) выступов 835 может принимать значение в диапазоне примерно от 1 до 40 мкм, примерно от 5 до 30 мкм или примерно от 10 до 20 мкм; а среднее расстояние между выступами 835 может принимать значение в диапазоне примерно от 10 нм до 10 мкм, примерно от 10 до 100 нм или примерно от 100 нм до 1 мкм.

В некоторых вариантах осуществления изобретения топографическое изменение может образовывать пористую поверхность, такую как, например, пена, спеченный материал или другой пористый материал. Средний размер пор пористой поверхности может быть в диапазоне, например, примерно от 10 нм до 200 мкм, от 20 до 250 нм, от 50 до 150 нм, от 10 до 200 мкм или от 50 до 100 мкм. Пористая поверхность может содержать слой пористого материала. Толщина пористого слоя может принимать значение в диапазоне, например, примерно от 10 мкм до 1 мм или примерно от 50 до 100 мкм.

На фиг. 9 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения показано изменение 930 поверхности, содержащее пористый слой 933. Пористый слой 933 может быть выполнен, например, из спеченных частиц 935, диаметр которых варьируется примерно от 10 до 100 мкм.

В некоторых вариантах осуществления изобретения топографическое изменение может обладать поверхностной шероховатостью в диапазоне, например, примерно от 0,1 до 500 мкм, примерно от 0,5 до 100 мкм или примерно от 1 до 10 мкм.

В некоторых вариантах осуществления изобретения в жидкость 130 могут быть

включены одна или несколько добавок, чтобы способствовать кавитации, зарождению пузырьков и/или слиянию пузырьков. Например, могут быть внесены добавки для изменения плотности, вязкости, уровня pH, растворимости газа, характеристик слияния или поверхностного натяжения жидкости 130.

Характеристики растворимости и слияния каждого сочетания жидкости и газа могут зависеть от регулируемых факторов, таких как температура и pH. В случае CO₂ полагают, что для оптимального эффекта уровень pH раствора должен быть отрегулирован так, чтобы он был в диапазоне от 6 до 6,5. Если pH выше 6,5, то может быть сложно вызвать зарождение пузырьков из-за высокой растворимости газа в воде. В некоторых вариантах осуществления изобретения, в которых в качестве газа применяют CO₂, pH раствора можно уменьшить до уровня от 6 до 6,5 путем добавления уксусной кислоты, способствующей зарождению и слиянию пузырьков CO₂ в жидкости.

В некоторых областях применения механическая работа привода 140 давления, воздействующего на жидкость 130, может приводить к нагреву жидкости 130, что может снизить растворимость газа 133 в жидкости 130. В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство 100 может включать в себя теплоотвод (не показан) для отвода избыточного тепла из жидкости 130. Например, теплоотвод может представлять собой металлический радиатор, расположенный на проксимальном конце 114 трубки 110 или возле него, причем этот проксимальный конец 114 может быть расположен в приводе 140 давления или рядом с ним. Теплоотвод может остужаться посредством конвекции воздуха, искусственного охлаждения или излучения.

В некоторых вариантах осуществления изобретения теплопроводность жидкости 130 может быть достаточной для того, чтобы передавать теплоту через жидкость 130 вдоль трубки 100 к теплоотводу. В некоторых вариантах осуществления изобретения в воду могут быть добавлены такие соли, как муравьинокислый калий, чтобы повысить теплопроводность и плотность жидкости 130 без существенного увеличения вязкости или температуры кипения.

В некоторых вариантах осуществления изобретения теплоемкость и теплопроводность самой трубки 110 может быть достаточной для того, чтобы передавать теплоту вдоль трубки 100 к теплоотводу. В некоторых вариантах осуществления изобретения стенка 118 трубки может содержать один или несколько тепловых проводников, таких как металлическая пленка или провод, чтобы передавать теплоту вдоль трубки 110 к теплоотводу.

В некоторых вариантах осуществления изобретения жидкость 130 может представлять собой очень плотную жидкость, и/или в жидкость 130 могут быть включены

одна или несколько добавок, чтобы увеличить плотность или инерцию жидкости 130 для увеличения импульса, создаваемого при ускорении жидкости 130, и, таким образом, для увеличения импульса, передаваемого трубке 110, для продвижения трубки 110 вдоль канала.

В некоторых вариантах осуществления изобретения, например, для медицинского применения, жидкость 130 может представлять собой воду, объединенную с одной или несколькими добавками, такими как: этанол для снижения поверхностного натяжения и вязкости; лимонная кислота или уксусная кислота для снижения уровня pH; или соли, такие как хлорид натрия, для увеличения плотности.

В некоторых вариантах осуществления изобретения внутренняя поверхность 126 трубки 110 может иметь сравнительно крупномасштабное топологическое изменение (например, длиной в диапазоне примерно от 5 до 10% от внутреннего диаметра трубки 110), выполненное так, чтобы усиливать передачу импульса от жидкости 130 трубке 110 во время резкого увеличения давления.

На фиг. 10А–10С показаны участки трубки 110, иллюстрирующие некоторые примеры крупномасштабных топологических изменений, образованных внутренней поверхностью 126, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения. Внутренняя поверхность 126 может иметь множество повторяющихся кольцевых ребер 1010, скошенных в проксимальном направлении (в сторону второго, или проксимального, конца 124 канала 120). Ребра 1010 выглядят в поперечном сечении как скошенные елочки или скошенные в проксимальном направлении зубцы, как показано на фиг. 10А–10С.

Скошенные в проксимальном направлении кольцевые ребра 1010 могут обеспечивать эффект вентиля, посредством которого потоку жидкости оказывается большее сопротивление в дистальном направлении, а в проксимальном направлении потоку жидкости оказывается сравнительно низкое сопротивление. Этот эффект может усиливать передачу импульса от жидкости 130 трубке 110 во время резкого увеличения давления.

В некоторых вариантах осуществления изобретения кольцевые ребра 1010 могут не быть скошенными в проксимальном направлении, и эффект вентиля может быть достигнут с помощью топологического изменения другого типа, или, в некоторых вариантах осуществления изобретения, может и не достигаться.

Как описано выше, если в исходном состоянии или состоянии покоя канал 120 содержит некоторый объем жидкости 130 и отдельный объем газа 133, то привод 140 давления может быть выполнен с возможностью увеличивать давление в канале, чтобы растворить газ 133 в жидкости 130 (это можно назвать фазой увеличения давления), а

затем снижать давление в канале, чтобы вызывать зарождение и образование в результате кавитации пузырьков газа 133 в жидкости 130 (это можно назвать фазой снижения давления). Как вариант, если в исходном состоянии или в состоянии покоя канал 120 содержит только жидкость 130, то привод 140 давления может быть выполнен с возможностью снижать давление в канале, чтобы вызывать зарождение и образование в результате кавитации пузырьков газа 133 в жидкости 130 (фаза снижения давления), а затем увеличивать давление в канале, чтобы схлопывать пузырьки газа 133 (посредством конденсации или растворения) в жидкости 130 (фаза увеличения давления).

В некоторых вариантах осуществления изобретения фаза увеличения давления может быть по существу аналогична по продолжительности фазе снижения давления. В некоторых вариантах осуществления изобретения продолжительность фазы увеличения давления может быть существенно меньше, чем продолжительность фазы снижения давления.

В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 140 давления может быть выполнен с возможностью увеличения давления в течение периода времени, который составляет, например, примерно от 1 до 50% от периода времени, в течение которого давление снижается, как вариант примерно от 5 до 30%, как вариант примерно от 10 до 20%.

Как описано выше, привод 140 давления может представлять собой любое подходящее устройство для изменения давления в канале описанным способом. В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 140 давления может содержать гибкую мембрану со средством, выполненным с возможностью отклонять или деформировать мембрану, чтобы изменять объем системы и управлять давлением в канале. В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 140 давления может содержать возвратно-поступательный поршень, приводимый в действие двигателем, таким как, например, электрический двигатель или линейный двигатель.

На фиг. 11 показаны примеры графика $x(t)$ смещения и соответствующего графика $v(t)$ скорости, иллюстрирующие перемещение привода 140 давления в виде поршня с течением времени в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения.

Графики смещения и скорости показывают, что за фазой 1110 увеличения давления следует фаза 1120 снижения давления. Во время фазы 1110 увеличения давления (соответствующей ходу сжатия поршня) поршень быстро ускоряется 1112, что возможно, благодаря сильной сжимаемости пузырьков 133 газа.

Когда пузырьки 133 газа схлопываются обратно в жидкость 130, происходит резкое замедление 1114 поршня из-за сравнительно плохой сжимаемости жидкости 130 (т.е. из-за

того, что жидкость обладает намного меньшей сжимаемостью по сравнению с газом 133). Резкое замедление 1114 поршня и жидкости 130 приводит к сильному импульсу и передаче движения от жидкости 130 трубке 110 и последующему движущему эффекту, что заставляет трубку 110 продвигаться вдоль прохода 103.

После замедления 1114 поршня, как только давление в канале достигло максимума, начинается фаза 1120 снижения давления, когда поршень отводится. Отвод (фаза 1120 снижения давления) может быть существенно медленнее, чем ход сжатия (фаза 1110 увеличения давления) из-за времени, требуемого для зарождения пузырьков 133 газа и создания кавитации. Тогда давление в канале снижается до минимума. Затем перемещение поршня может быть повторено аналогичным образом, чтобы повторить цикл изменения давления.

Привод 140 давления может быть выполнен с возможностью многократного увеличения и уменьшения давления в канале, чтобы передавать движение трубке 110 посредством множества импульсов, причем каждый импульс связан с соответствующими фазами увеличения давления. В некоторых вариантах осуществления изобретения давление в канале может быть изменено приводом 140 давления периодически или циклично путем повторения цикла давления (т.е. увеличения давления и последующего снижения давления). В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 140 давления может быть выполнен с возможностью изменения давления в канале в соответствии с повторяющимся циклом давления с частотой, например, в диапазоне примерно от 0,1 до 10 Гц, примерно от 0,5 до 5 Гц, примерно от 0,5 до 1,5 Гц, примерно от 2 до 4 Гц или примерно 3 Гц.

В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 140 давления может быть выполнен с возможностью работать в обратном цикле для регулирования давления в канале, чтобы передавать обратный импульс трубке 110 для перемещения инструмента в проксимальном направлении. Этот обратный цикл давления может быть использован для того, чтобы выводить инструмент из прохода.

На фиг. 12 показан пример графика давление/время в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения, показывающий изменения давления в канале, необходимые для сжатия пузырьков 133 газа в жидкость 130 при увеличении давления и последующего образования в результате кавитации пузырьков газа 133 в жидкости 130 при снижении давления. Давление показано в килопаскалях (кПа) выше атмосферного давления, а время в секундах. Давление в канале снижается постепенно в течение примерно 0,3 с, а затем резко увеличивается в течение примерно 0,05 с. Этот цикл давления повторяется с частотой примерно 3 Гц.

Как обсуждалось выше, в некоторых вариантах осуществления изобретения может быть желательным, чтобы канал 120 был сравнительно небольшим для повышения вероятности появления перекрывающихся пузырьков 133e, образующихся перед сжатием. Внутренний диаметр канала 120 может быть в диапазоне от 0,1 до 10 мм, от 0,1 до 1 мм, от 0,1, до 0,5 мм, от 1 до 7 мм или от 2 до 5 мм. В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство 100 может содержать несколько трубок 110, проходящих рядом друг с другом, как показано на примерах поперечных сечений конфигураций трубки, приведенных на фиг. 13А и 13В.

В некоторых вариантах осуществления изобретения трубки 110 могут быть расположены вокруг инструментального канала 1301, выполненного с возможностью принимать зонд, такой как, например, эндоскоп, как показано на фиг. 13В. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубки 110 могут быть расположены пучком для вставки в просвет зонда, такого как, например, эндоскоп, как показано на фиг. 13А. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубки 110 могут быть выполнены как единое целое как часть зонда, такого как эндоскоп, с инструментальными каналами (например, видеоканалом, каналом для подсветки, орошения, отсасывания, управления, биопсии и другими инструментальными каналами), проходящими вдоль трубок 110.

В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство 100 может содержать первую трубку 110, расположенную во второй трубке 110, при этом жидкость 130 и газ 133 содержатся в кольцевом канале 120, ограниченном между двумя трубками 110. Внутренний просвет первой трубки 110 также может содержать жидкость 130 и газ 133, или, как вариант, в некоторых вариантах осуществления изобретения внутренний просвет первой трубки 110 может ограничивать инструментальный канал.

Трубка 110 или трубки 110 могут быть выполнены из гибкого материала, обладающего достаточной прочностью и жесткостью, чтобы выдерживать ожидаемые усилия для данного применения. Для медицинских применений некоторые подходящие материалы могут содержать, например, от высоко- до ультравысокомолекулярного полиэтилена или другие биоразлагаемые полимеры. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 или трубки 110 могут быть выполнены из композитных материалов, таких как, например: полиэтиленовая спираль с полиуретановыми и силиконовыми эластомерными покрытиями.

Размеры трубок 110 могут варьироваться для различных областей применения. Например, для медицинского эндоскопа, такого как желудочно-кишечный эндоскоп, движущее устройство с одной трубкой может содержать трубку 110 с внешним диаметром 8 мм и внутренним диаметром 6 мм или с внешним диаметром 6 мм и внутренним

диаметром 4,5 мм, в то время как движущее устройство с множеством трубок может содержать 4 трубки 110, каждая из которых имеет внешний диаметр 3 мм и внутренний диаметр 2 мм. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 110 движущего устройства 100 с единственной трубкой или трубки 110 движущего устройства 100 с множеством трубок 110 могут иметь внутренний диаметр в диапазоне, например, от 1 до 5 мм и внешний диаметр в диапазоне, например, от 0,5 до 15 мм, от 1 до 10 мм, от 2 до 8 мм или от 4 до 6 мм. Длина медицинского эндоскопа обычно находится в диапазоне, например, примерно от 1 до 5 м или примерно от 3 до 4 м. В некоторых вариантах осуществления изобретения, например для желудочно-кишечной эндоскопии, трубка (трубки) 110 может (могут) иметь длину в диапазоне, например, от 3 до 4 м, от 1 до 5 м или даже больше 5 м, например от 5 до 15 м или от 7 до 9 м для применения в ветеринарии. В некоторых вариантах осуществления изобретения, например для артериальной эндоскопии, трубка (трубки) 110 может (могут) иметь длину в диапазоне, например, от 0,5 до 2 м, от 0,7 до 1,5 м или от 0,9 до 1,2 м. В некоторых вариантах осуществления изобретения, например для промышленной эндоскопии, размеры трубок могут быть намного больше.

Для медицинских применений обычно важно, чтобы движущее устройство 100 было стерильным. Для этого может быть желательно, чтобы по меньшей мере часть устройства 100 содержала одноразовый компонент, который может быть предоставлен в стерильной упаковке и выброшен после использования. На фиг. 14 показано движущее устройство 1400 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения. Движущее устройство 1400 в целом содержит признаки, аналогичные признакам, описанным в отношении движущего устройства 100, и они обозначены аналогичными ссылочными позициями. Показан привод 1440 давления и проксимальный конец 1414 трубки 1410, ограничивающий канал 1420. Понятно, что трубка 1410 проходит до дистального конца (не показан), как описано в отношении движущего устройства 100, показанного на фиг. 1. Трубку 1410 можно назвать движущейся трубкой, и она может обладать признаками, аналогичными признакам трубки 110, описанной выше. В некоторых вариантах осуществления изобретения трубка 1410 может содержать трубку 110 или пучок трубок 110, как описано в отношении фиг. 13А и 13В.

Привод 1440 давления содержит корпус 1442, приводное средство 1444 (в виде двигателя), приводной шток 1446 и гнездо 1448, образованное на боковой стороне корпуса 1442. Привод 1440 давления также содержит поршень 1450 в сборе, содержащий корпус 1452, ограничивающий цилиндр 1454, поршень 1456, расположенный в цилиндре и уплотнение 1458 поршня для герметизации поршня 1456 от внутреннего отверстия 1460

цилиндра 1454. Поршень 1456 и цилиндр 1454 вместе образуют поршневой насос. Тем не менее, в некоторых вариантах осуществления изобретения может быть использован другой тип насоса или компрессора для регулирования давления в канале трубки 110, например мембранный насос, как описано ниже в отношении фиг. 17.

Поршень 1450 в сборе прикреплен к трубке 1410 для образования трубчатого модуля 1401. Трубчатый модуль 1401 может быть изготовлен и заполнен предварительно заданным количеством жидкости 130 и предварительно заданным количеством газа 133, герметично закрытым в канале 1420 трубки 1410 под предварительно заданным давлением. Затем трубчатый модуль 1401 может быть упакован и стерилизован отдельно от корпуса 1442 (включающего в себя гнездо 1448 и приводное средство 1444), так что корпус 1442 может быть повторно стерилизован и использован, в то время как трубчатый модуль 1401 может быть изготовлен и стерилизован в виде одноразового модуля, чтобы его выбросить после использования.

Такое устройство может упростить стерилизацию жидкости 130, 133 и трубчатого модуля 1401 вместе, вместо того, чтобы заполнять трубку 1410 стерильной жидкостью 130, 133 в стерильном окружении, таком как операционная.

Поршень 1450 в сборе соединен с корпусом 1442 с возможностью отсоединения (т.е. его можно отсоединить от гнезда 1448). Гнездо 1448 может содержать внутреннюю цилиндрическую стенку 1486, которая помогает ограничивать гнездо 1448 и помещать поршень 1450 в сборе в гнездо 1448.

Корпус 1452 имеет первое отверстие 1462 и второе отверстие 1464, а также цилиндр 1454, образующий открытый канал между первым и вторым отверстиями 1462, 1464. Проксимальный конец 1414 трубки 1410 соединен с корпусом 1452 поршня 1450 в сборе во втором отверстии 1464, так что канал 1420 сообщается с цилиндром 1454. Внутренний диаметр или отверстие цилиндра 1454 может быть существенно больше, чем внутренний диаметр трубки 1410, так что требуется сравнительно короткая длина хода, чтобы осуществить требуемые изменения давления в трубке 1410. Например, соотношение между внутренними диаметрами трубки 1410 и цилиндра 1454 может быть в диапазоне от 0,01 до 0,5, от 0,05 до 0,4, от 0,1 до 0,3 или от 0,1 до 0,2.

Внутренний диаметр цилиндра 1454 может постепенно сужаться до внутреннего диаметра трубки 1410 во втором отверстии 1464. В некоторых вариантах осуществления изобретения второе отверстие 1464 может быть смещено от центральной оси корпуса 1452 и может быть расположено в верхней части цилиндра 1454 или рядом с ней, если привод 1440 давления расположен горизонтально. Это может снизить вероятность того, что пузырьки газа, которые могут образоваться в цилиндре 1454 во время кавитации, будут

удержаны в цилиндре; наоборот, это позволяет пузырькам подниматься ко второму отверстию 1464 и попадать в трубку 1410, благодаря гравитации.

Привод 1440 давления выполнен с возможностью перемещать поршень 1456 туда и обратно вдоль протяженности цилиндра 1454, чтобы регулировать давление в канале, например, путем изменения давления в трубке 1410. Во время хода сжатия, или хода увеличения давления, поршень 1456 перемещается в сторону трубки 1410 и выталкивает жидкость из цилиндра 1454 в трубку 1410, тем самым увеличивая давление в трубке 1410. Во время обратного хода, или хода отвода или уменьшения давления, поршень 1456 перемещается от трубки 1410 и позволяет жидкости перетекать обратно в цилиндр 1454 из трубки 1410, тем самым снижая давление в трубке 1410.

Двигатель 1444 и приводной шток 1446 расположены в корпусе 1442, так что когда поршень 1450 в сборе расположен в гнезде 1448, приводной шток 1446 выровнен с первым отверстием 1462 корпуса 1452 и может пройти через первое отверстие 1462, чтобы вступить в контакт с поршнем 1456 в цилиндре 1454 и переместить его. В некоторых вариантах осуществления изобретения давление в канале трубки 1410 может быть достаточным для перемещения поршня 1456 во время обратного хода, когда приводной шток 1446 отводится от цилиндра 1454. В некоторых вариантах осуществления изобретения поршень 1450 в сборе также может содержать смещающий элемент 1470, такой как пружина, чтобы смещать поршень 1456 противоположно приводному штоку 1446 и/или от трубки 1410, так что поршень 1456 толкается обратно во время обратного хода с помощью смещающего элемента 1470, когда приводной шток 1446 отводится от цилиндра 1454. Например, смещающий элемент 1470 может представлять собой пружину из нержавеющей стали и/или спиральную пружину. В некоторых вариантах осуществления изобретения приводной шток 1446 может быть соединен с самим поршнем 1456 с возможностью отсоединения, чтобы приводной шток 1446 мог тянуть поршень 1456 обратно, а также толкать поршень 1456 вперед.

Поршень 1450 в сборе также может содержать стопорное кольцо 1466, не позволяющее поршню 1456 выходить из цилиндра 1454 через первое отверстие 1462. В некоторых вариантах осуществления изобретения приводное средство 1444 может содержать один или несколько электромагнитов, выполненных с возможностью непосредственно приводить в действие поршень 1456 вместо двигателя и приводного штока.

Корпус 1452 также может иметь один или несколько стопорных выступов 1468, выполненных с возможностью входа в гнездо 1448, чтобы соединять поршень 1450 в сборе с корпусом 1442. Гнездо 1448 также может содержать один или несколько внешних

фланцев 1488, выполненных с возможностью зацепляться за выступы 1468, чтобы закреплять поршень 1450 в сборе в гнезде 1448. Таким образом, поршень 1450 в сборе выполнен с возможностью разъемного соединения с корпусом 1442, так что поршень 1450 в сборе и трубка 1410 могут быть изготовлены вместе как единый одноразовый трубчатый модуль, в то время как корпус 1442 и двигатель 1444 могут быть повторно использованы с новым трубчатым модулем для каждой новой операции. Стопорные выступы 1468, в качестве альтернативы, можно назвать, например, язычками или радиальными выступами.

Трубчатый модуль может быть собран так, что в канале 1420 уже могут находиться жидкость 130 и газ 133 (либо под атмосферном давлении, либо под более высоким давлением в зависимости от области применения), и может быть соединен с поршнем 1450 в сборе, чтобы герметично закрыть жидкость 130 и газ 133 в трубчатом модуле. В некоторых вариантах осуществления изобретения корпус 1452 может быть прикреплен к проксимальному концу 1414 трубки 1410, а затем поршень 1456 может быть размещен в цилиндре 1454 и застопорен с помощью стопорного кольца 1466, чтобы герметично закрыть жидкость 130 и газ 133 в канале 1420 и цилиндре 1454. Уплотнение 1458 может представлять собой одну или несколько уплотнительных прокладок, таких как уплотнительные кольца, которые могут быть установлены в одном или нескольких соответствующих посадочных местах, образованных в поршне 1456 или, как вариант, во внутренней поверхности цилиндра 1454.

В некоторых вариантах осуществления изобретения корпус 1452 поршня 1450 в сборе может включать в себя впускной клапан 1490 для заполнения цилиндра 1454 и канала 1420 трубки 1410 заданным количеством выбранной жидкости 130 и заданным количеством выбранного газа 133. Корпус 1452 также может включать в себя выпускной клапан 1492, чтобы позволять выпускать воздух из канала 1420 и цилиндра 1454, когда они заполнены жидкостью 130 и газом 133.

Клапаны 1490, 1492 могут быть расположены на одном конце корпуса 1452 возле второго отверстия и могут быть выполнены с возможностью поддерживать давление в цилиндре 1454 и канале 1420. В некоторых вариантах осуществления изобретения клапаны 1490, 1492 могут представлять собой пружинные поршневые клапаны. Впускной клапан 1490 может быть расположен сравнительно ближе ко второму отверстию 1464, а выпускной клапан 1492 может быть расположен сравнительно дальше от второго отверстия 1464, как показано на фиг. 14.

Для заполнения трубчатого модуля 1401 газом 133 и жидкостью 130 корпус 1452 может удерживаться вверх дном или располагаться так, чтобы клапаны 1490, 1492 находились над вторым отверстием, а большая часть или по существу весь объем канала

1420 и цилиндра 1454 были ниже, чем выпускной клапан 1492. Это делается для того, чтобы избыточный воздух мог подниматься к выпускному клапану 1492 во время заполнения канала 1420 и цилиндра 1454 жидкостью 130. Воздух может отсасываться из выпускного клапана 1492 с использованием вакуумной линии или другого всасывающего устройства.

В некоторых случаях жидкость 130 и газ 133 могут быть смешаны друг с другом в сосуде высокого давления, так что газ 133 полностью растворяется в жидкости 130 в виде насыщенного раствора, в этом случае газожидкостный раствор может быть введен в трубчатый модуль 1401 через выпускной клапан 1490 по мере удаления воздуха через выпускной клапан 1492. Если газ 133 и жидкость 130 должны быть введены по отдельности, то может быть предпочтительно сначала удалить через выпускной клапан 1492 из канала 1420 и цилиндра 1454 как можно больше воздуха; перед вводом жидкости 130 в канал 1420 и цилиндр 1454 через выпускной клапан 1490; удалить любой оставшийся воздух через выпускной клапан 1492; а затем ввести газ 133 в канал 1420 и цилиндр 1454 через выпускной клапан 1492.

Как вариант, трубка 1410 может быть выполнена с открытым дистальным концом; жидкость 130 и газ 133 могут быть перемещены вдоль канала 1420 и в цилиндр 1454 по мере того, как воздух выходит из цилиндра 1454; а затем дистальный конец трубки 1410 может быть закрыт пробкой и стальной обжимкой, чтобы удерживать пробку в канале 1420 и герметизировать трубку 1410. Однако может быть предпочтительно выполнить трубку 1410 с закрытым дистальным концом, чтобы не было необходимости закрывать его пробкой или другим средством.

Как только трубчатый модуль полностью собран и имеет заключенные внутри канала 1420 и цилиндра 1454 жидкость 130 и газ 133, трубчатый модуль может быть упакован и стерилизован с использованием, например, гамма-излучения. Трубка 1410 и поршень 1450 в сборе вместе могут ограничивать герметичный сосуд, содержащий заданное количество жидкости 130 и заданное количество газа 133. В некоторых вариантах осуществления изобретения во время упаковки на корпусе 1452 поршня 1450 в сборе может быть установлена газонепроницаемая крышка, чтобы закрыть первое отверстие 1462 цилиндра 1454 и способствовать поддержанию во время использования заданного давления в канале трубки. Корпус 1452 может содержать зацепляющийся участок (не показан), образующий одну или несколько выемок, пазы или выступы для зацепления крышки и образования газонепроницаемого уплотнения.

В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 1440 давления может представлять собой мембранный насос вместо поршневого насоса для управления

давлением в канале трубки 1410. На фиг. 17 показано движущее устройство 1400 с альтернативным трубчатым модулем 1701, содержащим мембранный насос 1750 в сборе вместо поршня 1450 в сборе, описанного выше. Во всем остальном трубчатый модуль 1701 может быть по существу аналогичным трубчатому модулю 1401, описанному выше, при этом аналогичные элементы обозначены аналогичными ссылочными позициями.

Мембранный насос 1750 в сборе содержит корпус 1752, ограничивающий камеру 1754, проходящую между первым отверстием 1762 и вторым отверстием 1764, и мембрану 1770, которая закрывает или покрывает первое отверстие 1762 камеры 1754. Проксимальный конец 1414 трубки 1410 соединен с корпусом 1752 мембранного насоса 1750 в сборе на втором отверстии 1764, так что канал 1420 сообщен с камерой 1754. Корпус 1752 также может иметь один или несколько выступов 1768, выполненных с возможностью зацепляться за фланцы 1488 гнезда 1448, чтобы соединять мембранный насос 1750 в сборе с корпусом 1442.

В некоторых вариантах осуществления изобретения корпус 1752 мембранного насоса 1750 в сборе может включать в себя впускной клапан 1790 и выпускной клапан 1792, которые могут быть выполнены аналогично клапанам 1490 и 1492, описанным в отношении трубчатого модуля 1401 и корпуса 1452.

Мембрана 1770 может быть выполнена отдельно и удерживается на месте на первом отверстии 1762 камеры 1754 посредством зажима 1772. Например, зажим 1772 может представлять собой резьбовое стопорное кольцо, выполнено с возможностью зацепляться по резьбе с корпусом 1752, тем самым зажимая край мембраны 1770 между корпусом 1752 и зажимом 1772, как показано на фиг. 17. В других вариантах осуществления изобретения мембрана 1770 может быть выполнена как единое целое с корпусом 1752, например, путем процесса сложного формования.

Мембрана 1770 представляет собой упруго деформируемую мембрану, которая может быть деформирована приводом для изменения объема камеры 1754, сообщающейся с каналом 1420 трубки 1410. Центральный участок 1774 мембраны 1770 может быть соединен с возможностью отсоединения с приводным штоком 1446 приводного средства 1444. Мембрана 1770 включает в себя упруго деформируемый участок 1776, окружающий центральный участок 1774 и позволяющий центральному участку 1774 мембраны перемещаться туда и обратно относительно корпуса 1752 вдоль оси 1780, которая по существу нормальна (перпендикулярна) поверхности центрального участка 1774. Например, параллельно или в соответствии с осевым перемещением приводного штока 1446 приводного средства или линейного двигателя 1444.

Когда центральный участок 1774 мембраны 1770 перемещается туда и обратно

между положением 1778a сжатия (показано пунктирными линиями) и отведенным положением 1778b (показано сплошными линиями), объем камеры 1754 изменяется. Таким образом, давление в канале в трубке 1410 можно регулировать и управлять им, контролируя положение приводного штока 1446 и центрального участка 1774 мембраны 1770.

Мембрана 1770 может быть круглой или может иметь осевую симметрию, но может иметь любую подходящую форму для упруго деформируемой мембраны. Камера 1754 показана на фиг. 17 в виде цилиндра, но она может принимать любую подходящую форму для обеспечения требуемого диапазона давления в канале. В некоторых вариантах осуществления изобретения камера 1754 может быть сравнительно короткой и сужаться в направлении второго конца 1764, позволяя использовать сравнительно широкую мембрану 1770 и сравнительно узкий диаметр второго отверстия 1764, чтобы допустить больший диапазон давлений в канале для сравнительно небольшого аксиального перемещения мембраны.

В некоторых вариантах осуществления изобретения различные трубчатые модули для различных медицинских приложений могут быть оснащены одинаковыми поршнями в сборе, чтобы каждый из различных трубчатых модулей можно было применять с использованием общего корпуса 1442 и двигателя 1444. В некоторых вариантах осуществления изобретения несколько трубок 1410 могут быть соединены с единственным поршнем 1450 в сборе, при этом канал 1420 каждой трубки 1410 сообщается с цилиндром 1454 поршня 1450 в сборе.

В некоторых вариантах осуществления изобретения корпус 1442 может содержать консоль или модуль 1500 привода, как показано на фиг. 15. Консоль 1500 привода может содержать выключатель 1502 питания для управления подачей питания на консоль 1500 привода от источника 1560 питания.

Гнездо 1448 может содержать один или несколько периферических фланцев 1488, проходящих по части периметра гнезда и проходящих радиально внутрь, чтобы удерживать выступы 1468 корпуса 1452 в гнезде 1448. Выступы 1468 показаны на фиг. 15 пунктирными линиями, выступающими радиально от корпуса 1452, чтобы входить во или под фланцы 1488. Выступы 1468 также проходят по окружности вокруг части корпуса 1452.

И выступы 1468, и фланцы 1488 расположены так, что между фланцами 1488 имеются зазоры для прохождения выступов 1468 и между выступами 1468 имеются зазоры для прохождения фланцев 1488 при присоединении поршня 1450 в сборе к гнезду 1448 или его отсоединении от гнезда. Чтобы соединить поршень 1450 в сборе с корпусом

1442, корпус 1452 вставляют в гнездо 1448, при этом выступы 1468 совмещают с зазорами между фланцами 1488, затем, корпус 1452 поворачивают, чтобы выступы 1468 посредством плотной посадки вошли в пространство между фланцами 1488 и поверхностью (не показана) корпуса 1442, противоположной фланцам 1488 и находящейся непосредственно под ними.

В некоторых вариантах осуществления изобретения выступы 1468 и/или фланцы 1488 могут содержать упругую защелку, зажим или задвижку для предотвращения вращения корпуса 1452, когда выступы 1468 и фланцы 1488 соединены. Выступы 1468 и/или фланцы 1488 также могут содержать ограничитель для ограничения поворота поршня 1450 в сборе на угол, превышающий угол, под которым выступы 1468 полностью сцеплены с фланцами 1488.

Для отсоединения поршня 1450 в сборе от корпуса 1442 корпус 1450 поворачивают так, чтобы разъединить выступы 1468 и фланцы 1488, при этом выступы 1468 выравнивают с зазорами между фланцами 1488. Затем поршень 1450 в сборе можно удалить из гнезда 1448.

В некоторых вариантах осуществления изобретения корпус 1450 может содержать указательный язычок 1480, предназначенный для того, чтобы указывать корректное положение при соединении поршня 1450 в сборе с гнездом 1448. Фланцы 1488 могут иметь соответствующий вырез или выемку 1482, предназначенную для прохода через нее указательного язычка 1480, когда поршень 1450 в сборе корректно сориентирован для вставки в гнездо 1448. После вставки в гнездо 1448 корпус 1450 может быть повернут, при этом указательный язычок проходит под одним или несколькими фланцами 1488 до тех пор, пока выступы 1468 полностью не сцепятся с фланцами 1488. В некоторых вариантах осуществления изобретения корпус 1442 может содержать шкалу или отметки, предназначенные для того, чтобы указывать положение указательного язычка 1480, когда выступы 1468 полностью сцеплены с фланцами 1488.

Консоль 1500 привода может содержать световой индикатор 1504 соединения, выполненный с возможностью загораться, когда поршень 1450 в сборе соединен с консолью 1500 привода. Консоль 1500 привода может содержать датчик (не показан) для обнаружения ситуации, когда поршень 1450 в сборе соединен с гнездом 1448 и/или когда выступы 1468 полностью сцеплены с фланцами 1488. Когда датчик обнаруживает соединение поршня 1450 в сборе с консолью 1500 привода, он может подать сигнал или замкнуть электрическую цепь для включения светового индикатора 1504 соединения.

Консоль привода может содержать световой индикатор работы или световой индикатор 1506 функционирования, выполненный с возможностью загораться, когда

привод 1440 давления работает. Световой индикатор 1506 может быть включен или присоединен к электрической схеме, управляющей подачей питания на двигатель 1444, так что световой индикатор 1506 включается, когда работает двигатель 1444.

В некоторых вариантах осуществления изобретения консоль 1500 привода может включать в себя соединительный контакт 1508, выполненный с возможностью принимать соединительный контакт сигнального кабеля от внешнего контроллера, такого как ножной переключатель, для управления работой привода 1440 давления. В некоторых вариантах осуществления изобретения консоль 1500 привода может включать в себя дисплей или пользовательский интерфейс 1510 для предоставления пользователю информации, касающейся работы движущего устройства 1400 и/или для того, чтобы пользователь мог управлять работой движущего устройства 1400. В некоторых вариантах осуществления изобретения консоль 1500 привода может содержать компьютер и/или контроллер 1550, выполненный с возможностью управлять работой движущего устройства 1400.

Компьютер 1550 может быть подключен к пользовательскому интерфейсу 1510 для предоставления информации о работе движущего устройства 1400 и, в некоторых вариантах осуществления изобретения, может принимать входные данные от пользовательского интерфейса для выбора определенных параметров работы. Пользовательский интерфейс 1510 может содержать интеллектуальный графический пользовательский интерфейс, а компьютер 1550 может содержать программируемый микропроцессор для управления функциями консоли 1500 привода и приводного средства 1444. Источник 1560 питания может быть подключен к консоли 1500 привода и компьютеру 1550, при этом компьютер 1550 может управлять подачей питания на различные компоненты консоли 1500 привода.

На фиг. 16 показана эндоскопическая система 1600 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения. Эндоскопическая система 1600 содержит эндоскоп 1601, имеющий трубку 1610 для вставки в пациента; консоль 1620 эндоскопа для управления работой эндоскопа; рукоятку 1630 эндоскопа для дополнительного и/или альтернативного управления работой эндоскопа 1601; движущее устройство 1400 для продвижения эндоскопа 1601 и трубки 1610 для введения вдоль прохода в пациенте; и источник питания (не показан) для подачи питания на консоль 1500 привода и консоль 1620 эндоскопа.

Движущее устройство 1400 содержит движущую трубку 1410, предназначенную для вставки в трубку 1610 для введения, как описано выше, и консоль 1500 привода для управления работой движущего устройства 1400.

Эндоскопическая система 1600 также может содержать монитор 1640,

выполненный с возможностью отображать изображения, полученные от камеры эндоскопа с помощью консоли 1620 эндоскопа.

Движущее устройство 1400 может работать так, чтобы передавать движущее усилие на эндоскоп 1601 и трубку 1610 для введения путем передачи импульса в движущую трубку 1401, как описано выше. Движущее усилие может быть использовано для продвижения эндоскопа 1601 и движущей трубки 1410 вдоль прохода в пациенте.

По мере передачи импульса на движущую трубку 1410 по ее длине может быть снижен риск того, что застрянет трубка 1610 для введения, или снижено сопротивление, когда она проходит повороты прохода (например, поворот желудочно-кишечного тракта), что может часто происходить с обычными эндоскопами толкательного типа. Этот способ продвижения также может снизить трение на каждом изгибе, когда эндоскоп продвигают вдоль прохода, так как он обеспечивает альтернативу простому проталкиванию эндоскопа на каждом изгибе для дальнейшего продвижения эндоскопа, как сделано в обычных толкаемых эндоскопах.

В некоторых вариантах осуществления изобретения движущее устройство 1400 может быть способно продвигать эндоскоп 1601 вдоль канала со скоростью, например, примерно 1,5 см/с. В зависимости от различных обстоятельств, условий и/или требований работы скорость продвижения может меняться, например, в диапазоне от 0,1 до 2 см/с или от 0,5 до 1 см/с. В некоторых областях применения зависимость время-давление может быть обращена, чтобы перемещать трубку 1410 обратно вдоль канала, например, чтобы способствовать вытягиванию трубки 1410 из канала. Движущее устройство 1400 также может допускать увеличенную скорость выполнения желудочно-кишечной эндоскопии, позволяя продвигать эндоскоп 1601 дальше или полностью на длину кишечника, чтобы дать возможность полностью проверить тонкий кишечник. Движущее устройство 1400 также может дать возможность доступа ко всему желудочно-кишечному тракту для эндоскопии.

В различных вариантах осуществления изобретения движущее устройство 100, 1400, 1700 может быть предназначено для продвижения вдоль прохода любого одного или нескольких из следующих элементов, например: приспособление, зонд, датчик, камера, устройство мониторинга, инструмент, хирургический инструмент, горный инструмент, сверлящий инструмент, эндоскоп, энтероскоп, дуоденоскоп, бороскоп, кабель робота и промышленный эндоскоп. Движущее устройство 100, 1400, 1700 может быть выполнено с возможностью способствовать продвижению приспособления, датчика или инструмента вдоль любого одного или нескольких из следующих элементов: канал, ствол шахта, ствол скважина, труба, сточный канал, полость в стене и проход в пациенте, такой как просвет

биологического прохода, артерия или тракт.

Специалистам в этой области техники понятно, что в вышеописанные варианты осуществления изобретения можно внести различные изменения и/или модификации, не отклоняясь от объема настоящего изобретения. Поэтому, настоящие варианты осуществления изобретения следует рассматривать во всех отношениях как иллюстративные, а не ограничивающие.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Движущее устройство для продвижения инструмента вдоль прохода, содержащее:

удлиненную трубку, имеющую первый конец и второй конец, противоположный первому концу, причем трубка образует канал, выполненный с возможностью вмещения жидкости, при этом первый конец канала закрыт на первом конце трубки или рядом с ним, а второй конец канала образован вторым концом трубки; и

привод давления, сообщенный со вторым концом канала и выполненный с возможностью выборочного регулирования давления жидкости в канале, чтобы поочередно:

- уменьшать давление для создания кавитации и образования пузырьков газа в жидкости; и

- увеличивать давление для схлопывания некоторых или всех пузырьков газа обратно в жидкость, тем самым ускоряя по меньшей мере часть жидкости по направлению к первому концу трубки и передавая импульс трубке для продвижения трубки вдоль прохода.

2. Движущее устройство по п. 1, которое дополнительно содержит одно или несколько средств, выполненных с возможностью способствовать возникновению кавитации в одной или нескольких областях канала при снижении давления, причем одна или несколько областей проходят вдоль по меньшей мере части протяженности канала.

3. Движущее устройство по п. 2, в котором одно или несколько средств выполнены с возможностью способствовать возникновению кавитации в нескольких областях, распределенных вдоль по меньшей мере части протяженности канала.

4. Движущее устройство по п. 3, в котором одно или несколько средств представляют собой изменение поверхности на внутренней поверхности канала.

5. Движущее устройство по п. 4, в котором изменение поверхности образовано покрытием.

6. Движущее устройство по п. 5, в котором покрытие содержит гидрофобный материал.

7. Движущее устройство по п. 5 или 6, в котором покрытие содержит каталитический материал.

8. Движущее устройство по п. 5, в котором покрытие представляет собой одно или несколько покрытий, выбранных из следующего: октадецилтрихлорсилан, кремневодородные соединения, парилен С, фторполимеры, ПТФЭ (Тефлон™), полистирол на основе оксида марганца (MnO_2/PS), полистирола на основе

нанокompозитного оксида цинка (ZnO/PS), нанокompозитный осажденный карбонат кальция, фторированные акрилатные олигомеры, уретан, акрил, поливинилпирролидон (ПВП), полиэтиленоксид, комбинации гидроксипропилметакрилата и акриламидов.

9. Движущее устройство по любому из пп. 5–8, в котором изменение поверхности представляет собой топографическое изменение.

10. Движущее устройство по п. 9, в котором топографическое изменение образовано поверхностью с царапинами или углублениями.

11. Движущее устройство по п. 9 или 10, в котором топографическое изменение образует множество V-образных каналов.

12. Движущее устройство по п. 11, в котором характеристический угол V-образных каналов находится в диапазоне примерно от 10 до 90°.

13. Движущее устройство по п. 11 или 12, в котором средняя ширина V-образных каналов находится в диапазоне примерно от 1 до 10 мкм.

14. Движущее устройство по любому из пп. 9–13, в котором топографическое изменение образует множество конических углублений.

15. Движущее устройство по п. 14, в котором характеристический угол конических углублений находится в диапазоне примерно от 10 до 90°.

16. Движущее устройство по п. 14 или 15, в котором средняя ширина конических углублений находится в диапазоне примерно от 1 до 10 мкм.

17. Движущее устройство по любому из пп. 9–16, в котором топографическое изменение образует множество выступов.

18. Движущее устройство по п. 17, в котором средняя высота выступов находится в диапазоне примерно от 0,1 мкм до 1 мм.

19. Движущее устройство по п. 17 или 18, в котором средняя ширина выступов находится в диапазоне примерно от 0,1 до 500 мкм.

20. Движущее устройство по любому из пп. 17–19, в котором среднее расстояние между соседними выступами находится в диапазоне примерно от 0,1 до 500 мкм.

21. Движущее устройство по любому из пп. 9–20, в котором топографическое изменение имеет поверхностную шероховатость в диапазоне примерно от 0,1 до 500 мкм.

23. Движущее устройство по любому из пп. 9–21, в котором топографическое изменение образует пористую поверхность.

24. Движущее устройство по п. 23, в котором средний размер пор пористой поверхности находится в диапазоне примерно от 10 нм до 200 мкм.

25. Движущее устройство по любому из пп. 2–24, в котором одно или несколько средств содержат изменение теплопроводности стенки трубки вдоль протяженности

канала.

26. Движущее устройство по п. 25, в котором теплопроводность стенки меняется вдоль протяженности канала в диапазоне примерно от 0,25 до 240 Вт/(м·К).

27. Движущее устройство по любому из пп. 2–26, в котором одно или несколько средств представляют собой один или несколько акустических преобразователей.

28. Движущее устройство по п. 27, в котором один или несколько акустических преобразователей расположены в стенке трубки.

29. Движущее устройство по п. 27 или 28, в котором один или несколько акустических преобразователей расположены снаружи стенки трубки.

30. Движущее устройство по любому из пп. 27–29, в котором рабочая частота акустических преобразователей находится в диапазоне примерно от 1 до 100 кГц.

31. Движущее устройство по любому из пп. 27–30, в котором мощность, связанная с энергией звукового излучения, направляемого в просвет канала акустическими преобразователями, находится в диапазоне примерно от 10 до 100 мВт.

32. Движущее устройство по любому из пп. 1–31, которое выполнено с возможностью продвижения медицинского инструмента вдоль просвета в пациенте.

33. Движущее устройство по любому из пп. 1–32, в котором канал представляет собой непрерывный замкнутый канал, проходящий от первого конца трубки до второго конца трубки.

34. Движущее устройство по любому из пп. 1–33, в котором трубка армирована для сопротивления расширению или сжатию из-за изменений внутреннего давления.

35. Движущее устройство по любому из пп. 1–34, в котором трубка выполнена из материала, пригодного для стерилизации.

36. Движущее устройство по любому из пп. 1–35, которое дополнительно содержит множество трубок по любому из пп. 1–31, проходящих рядом друг с другом.

37. Движущее устройство по любому из пп. 1–36, в котором привод давления содержит гибкую мембрану, образующую герметичную камеру, и приводное средство, выполненное с возможностью деформирования гибкой мембраны для выборочного регулирования давления жидкости в канале.

38. Движущее устройство по любому из пп. 1–36, в котором привод давления содержит:

поршень в сборе, включающий в себя подвижный поршень, расположенный в отверстии поршня в сборе; и

приводное средство, выполненное с возможностью приводить в действие поршень поршня в сборе для выборочного регулирования давления жидкости в канале.

39. Движущее устройство по п. 38, в котором поршень в сборе соединен с трубкой для получения герметичного трубчатого модуля, содержащего жидкость, при этом поршень в сборе соединен с приводным средством с возможностью отсоединения.

40. Движущий трубчатый модуль, содержащий:

одну или несколько трубок по любому из пп. 1–36; и

поршень в сборе, соединенный со вторым концом трубки, причем поршень в сборе содержит:

- корпус, образующий отверстие, сообщенное по текучей среде с каналом каждой из одной или нескольких трубок; и

- подвижный поршень, расположенный в указанном отверстии и выполненный с возможностью плотно примыкать к внутренней поверхности указанного отверстия.

41. Движущий трубчатый модуль по п. 40, в котором поршень в сборе и одна или несколько трубок объединены для получения герметичного сосуда, содержащего заданное количество жидкости и заданное количество газа.

42. Движущий трубчатый модуль, содержащий:

одну из трубок по любому из пп. 1–36; и

подвижный поршень, расположенный в канале на втором конце трубки или рядом с ним и выполненный с возможностью плотно примыкать к внутренней поверхности канала.

43. Движущий трубчатый модуль по п. 42, в котором поршень и трубка объединены для получения герметичного сосуда, содержащего заданное количество жидкости и заданное количество газа.

44. Движущий трубчатый модуль, содержащий:

удлиненную трубку, имеющую первый конец и второй конец, противоположный первому концу, причем трубка образует канал, выполненный с возможностью вмещения жидкости, при этом первый конец канала закрыт на первом конце трубки или рядом с ним, а второй конец канала образован вторым концом трубки; и

поршень в сборе, соединенный со вторым концом трубки, причем поршень в сборе содержит:

- корпус, образующий отверстие, сообщенное по текучей среде с каналом трубки; и

- подвижный поршень, расположенный в указанном отверстии и выполненный с возможностью плотно примыкать к внутренней поверхности указанного отверстия,

при этом поршень в сборе и трубка объединены для получения герметичного сосуда, содержащего заданное количество жидкости и заданное количество газа.

45. Движущий трубчатый модуль по п. 44, в котором поршень в сборе выполнен с

возможностью взаимодействия с приводом, чтобы вызывать перемещение поршня для выборочного регулирования давления жидкости в канале, чтобы попеременно:

- уменьшать давление для создания кавитации и образования пузырьков газа в жидкости; и

- увеличивать давление для схлопывания некоторых или всех пузырьков газа обратно в жидкость, тем самым ускоряя по меньшей мере часть жидкости по направлению к первому концу трубки и передавая импульс трубке для продвижения трубки вдоль прохода.

46. Движущий трубчатый модуль по п. 44 или 45, который дополнительно содержит одно или несколько средств, выполненных с возможностью способствовать возникновению кавитации во множестве областей, распределенных вдоль по меньшей мере части протяженности канала, при снижении давления.

47. Движущий трубчатый модуль по любому из пп. 44–46, в котором трубка образует множество каналов, каждый из которых выполнен с возможностью вмещения жидкости, причем первый конец каждого канала закрыт на первом конце трубки или рядом с ним, а второй конец каждого канала образован вторым концом трубки,

при этом множество каналов сообщены по текучей среде друг с другом и с отверстием поршня в сборе.

48. Консоль привода, содержащая:

- корпус, образующий гнездо, выполненное с возможностью приема и удержания движущего трубчатого модуля по любому из пп. 40–47;

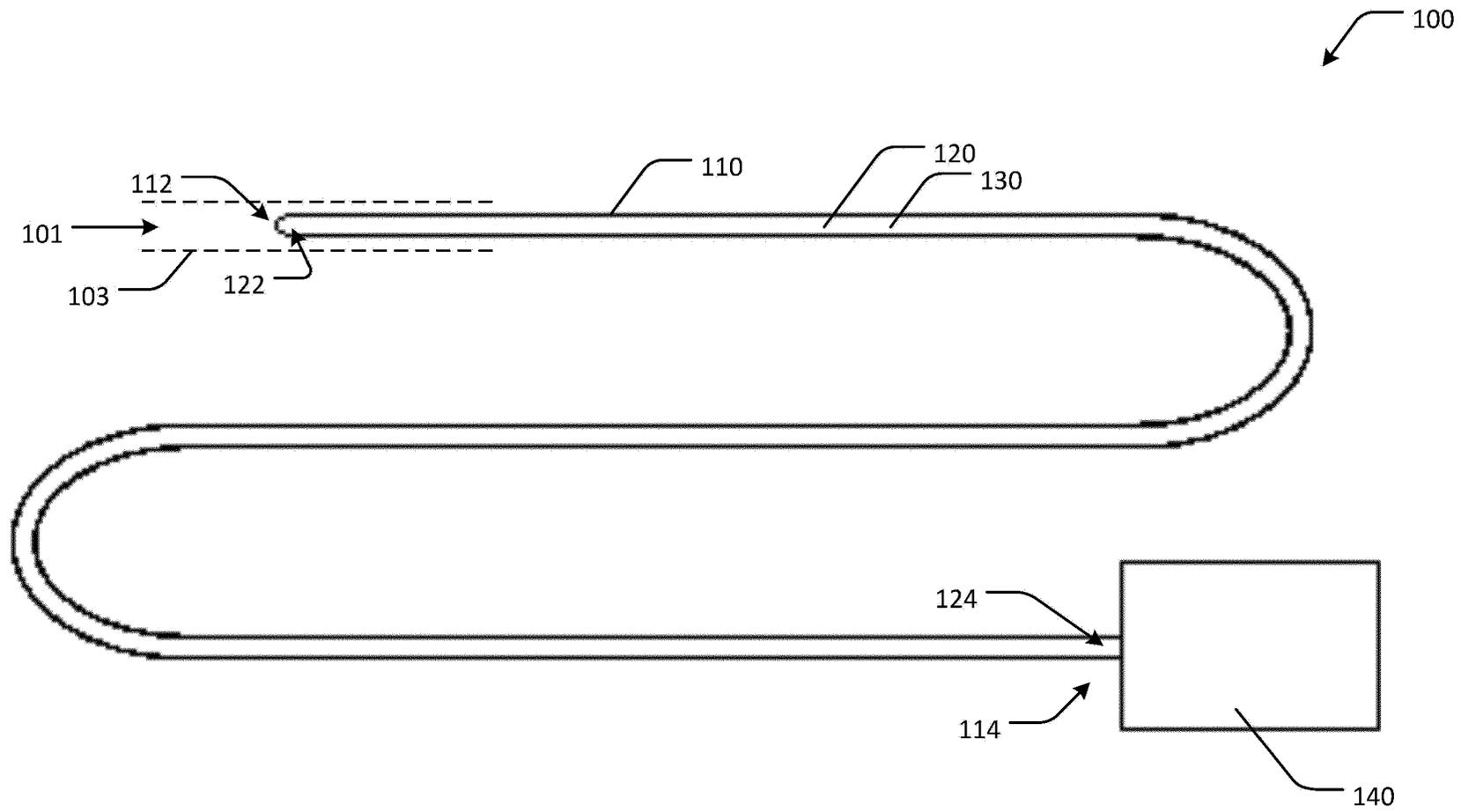
- привод, выполненный с возможностью взаимодействия с поршнем; и

- контроллер, выполненный с возможностью управления приводом для перемещения поршня, чтобы выборочно регулировать давление в канале трубки.

49. Способ продвижения инструмента по проходу, включающий выборочное регулирование давления жидкости в трубке, соединенной с инструментом, чтобы последовательно вызывать в результате кавитации образование пузырьков газа в жидкости, а затем схлопывание пузырьков газа обратно в жидкость для ускорения жидкости внутри трубки, передачи импульса от жидкости трубке и продвижения трубки по проходу.

50. Этапы, процессы, подпроцессы, признаки, целые числа, конструкции, компоненты, подкомпоненты, системы, подсистемы, элементы, составы и/или соединения, описанные в этом документе или указанные в описании этой заявки отдельно или вместе, и любые или все сочетания двух или более упомянутых этапов, процессов, подпроцессов, признаков, целых чисел, конструкций, компонентов, подкомпонентов, систем, подсистем,

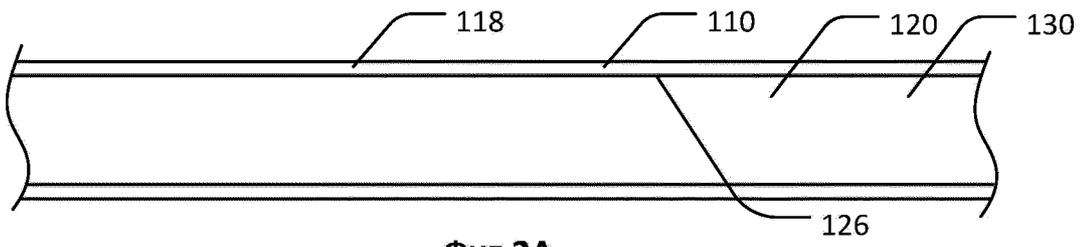
элементов, составов и/или соединений.



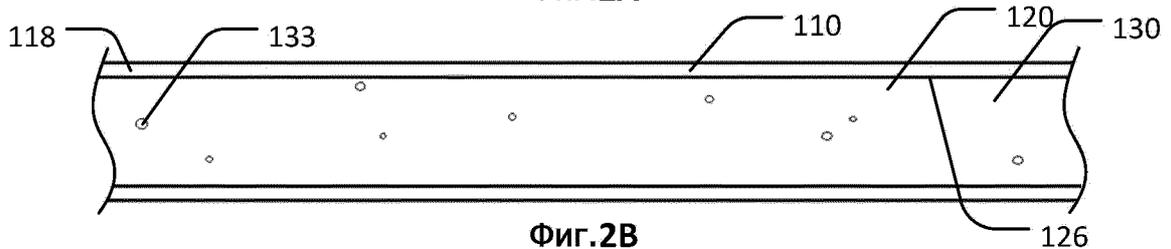
1/12

Фиг. 1

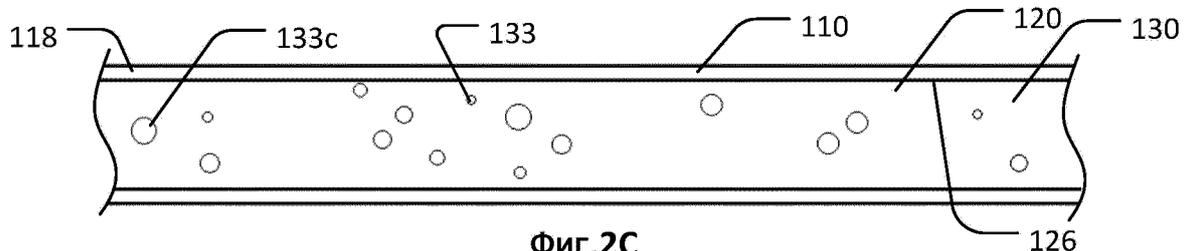
2/12



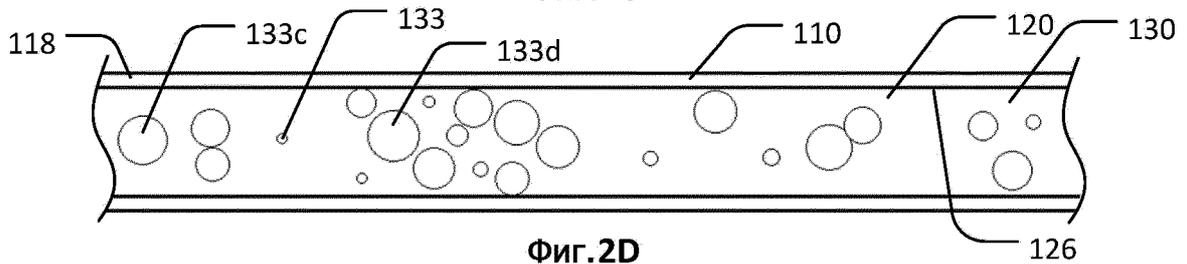
Фиг.2А



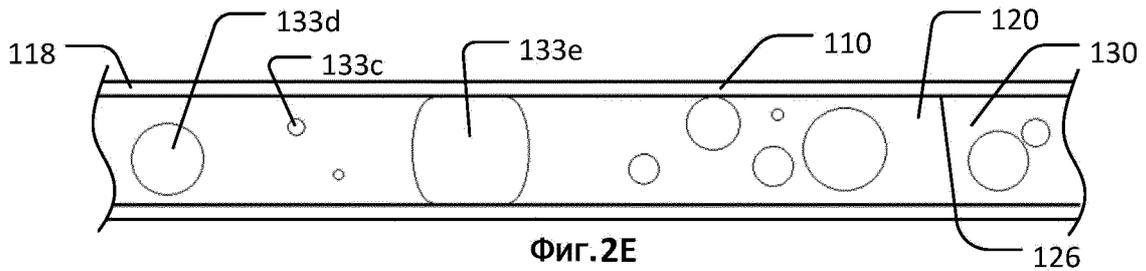
Фиг.2В



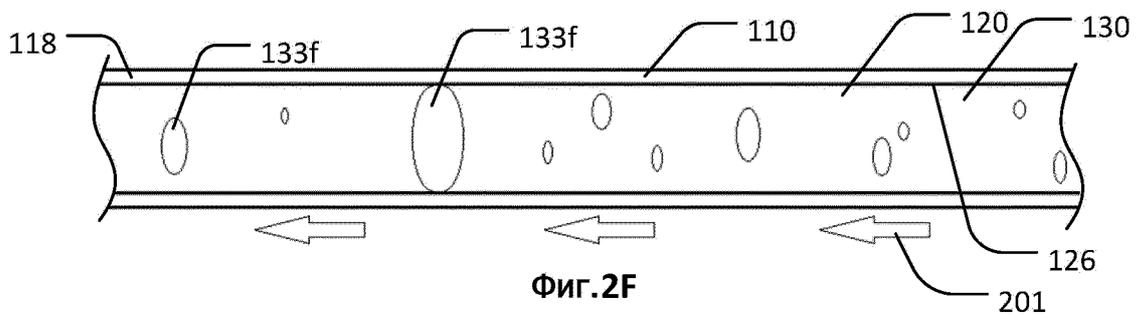
Фиг.2С



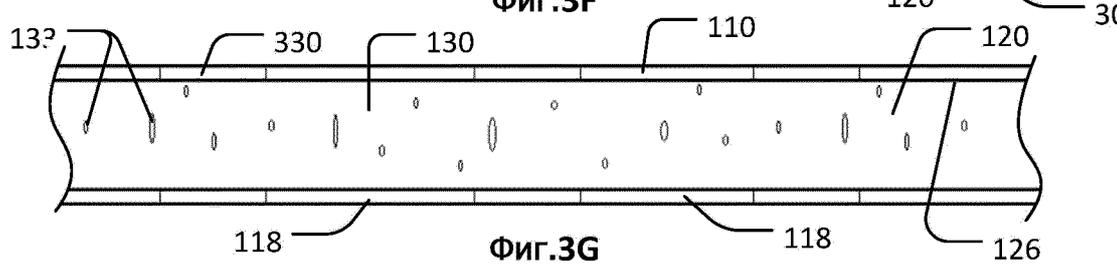
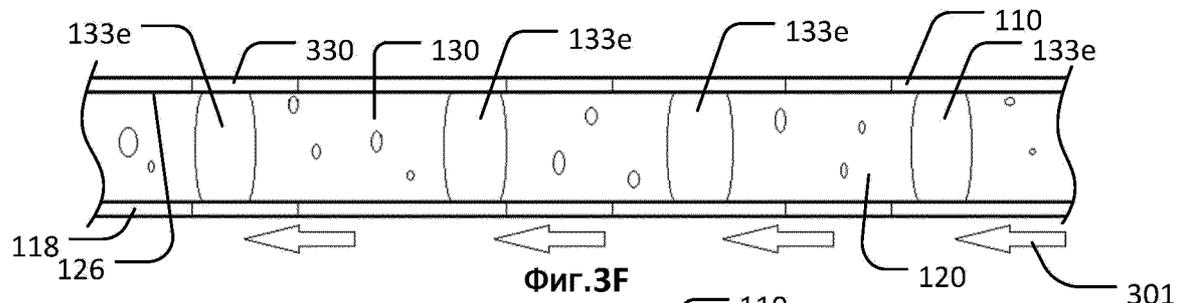
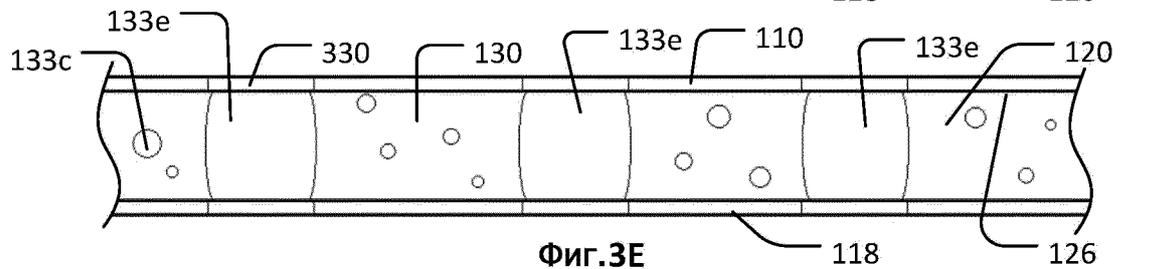
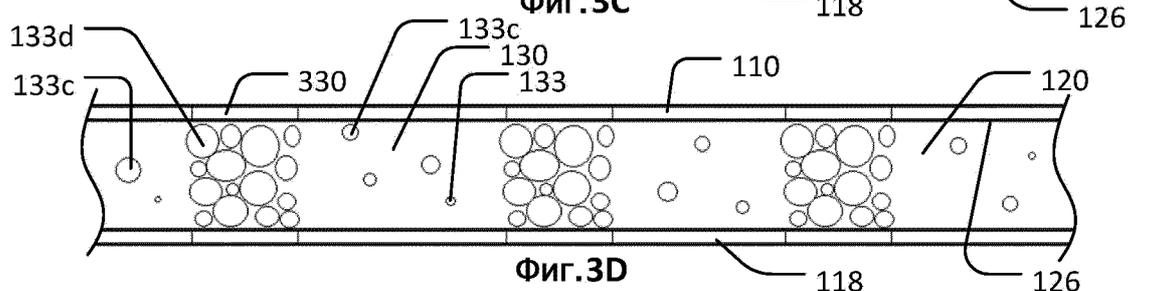
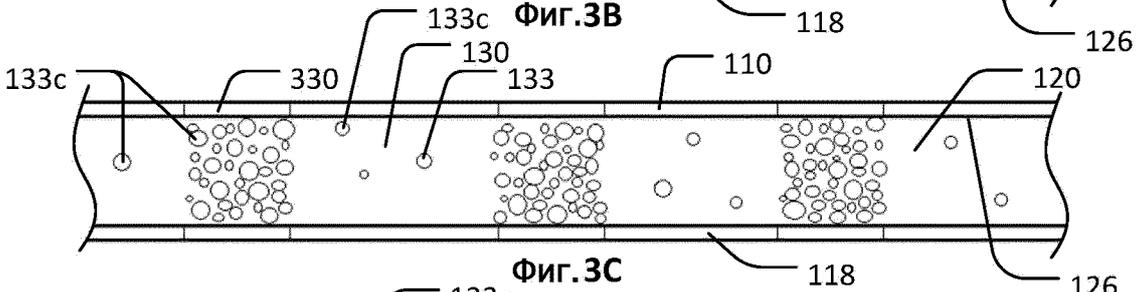
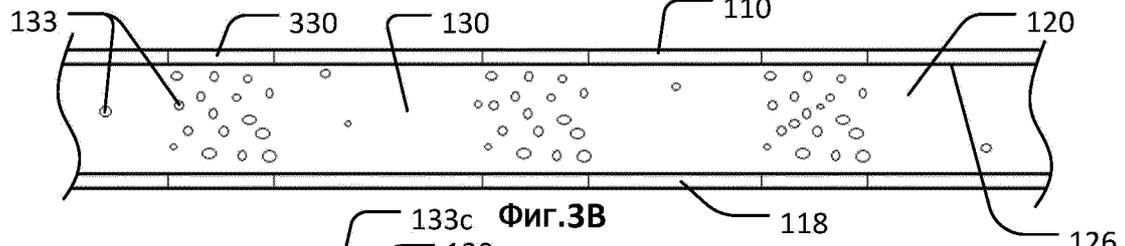
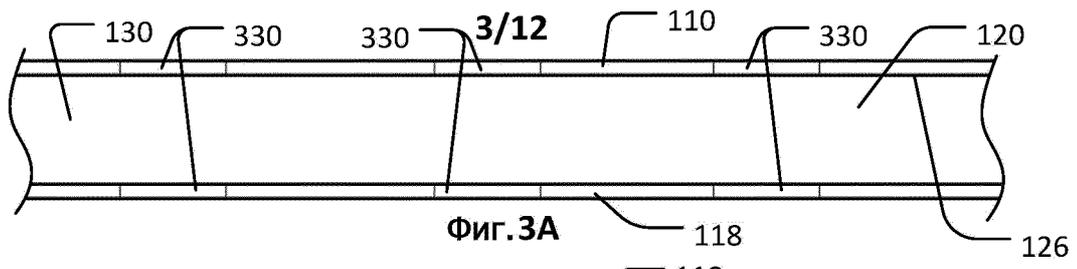
Фиг.2D

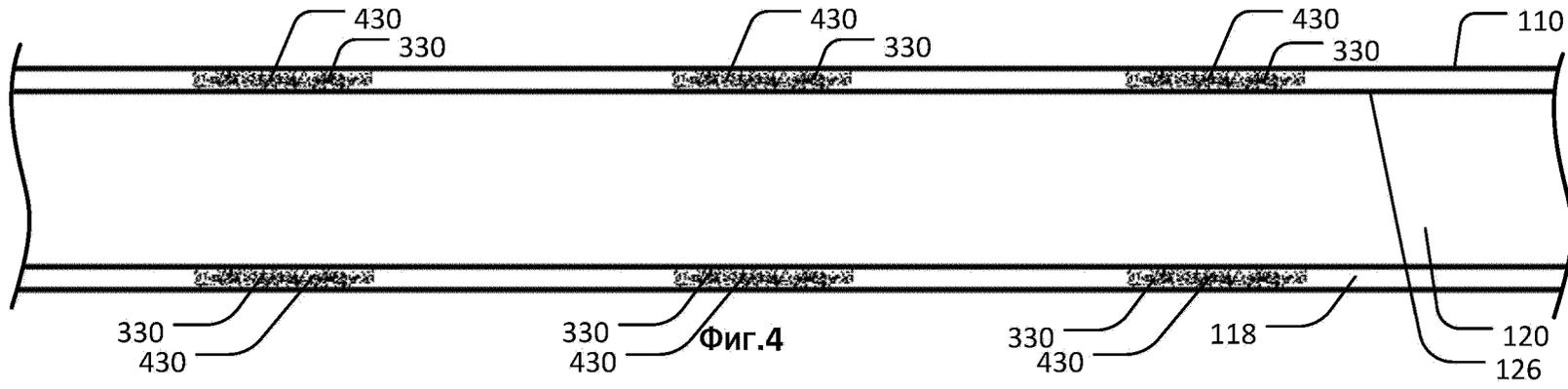


Фиг.2Е

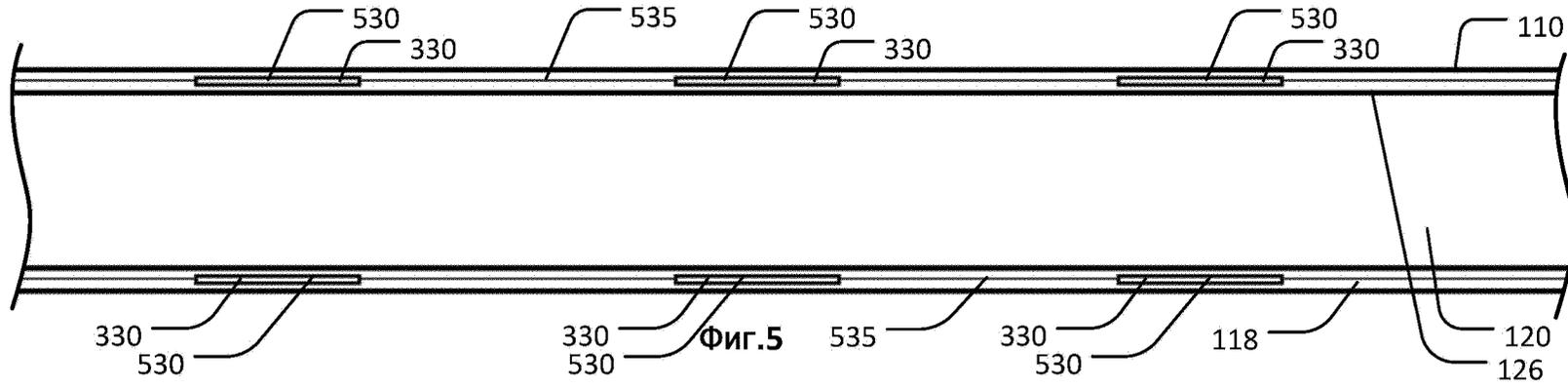


Фиг.2F

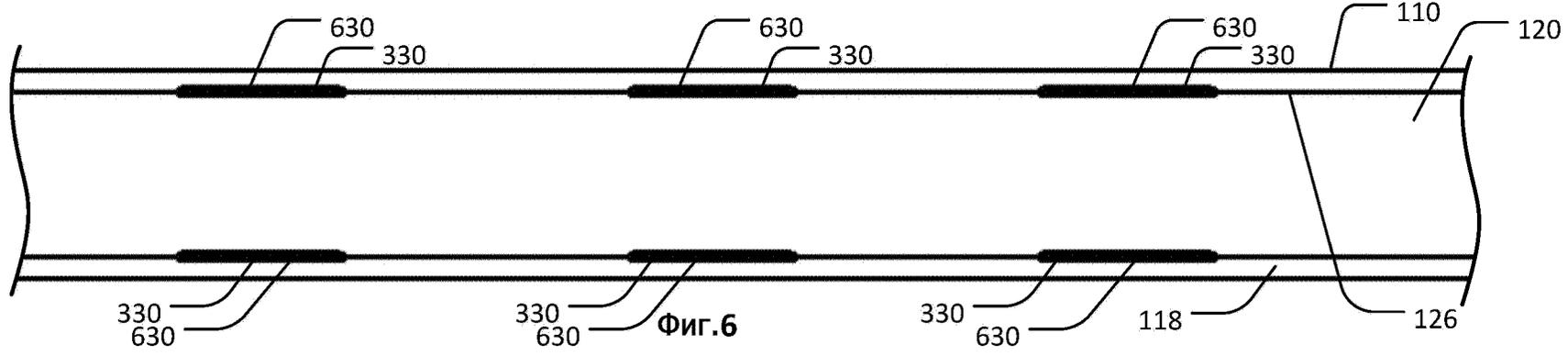




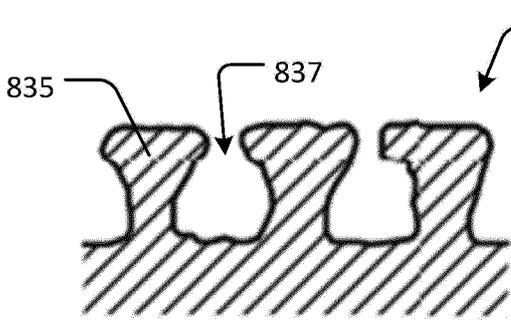
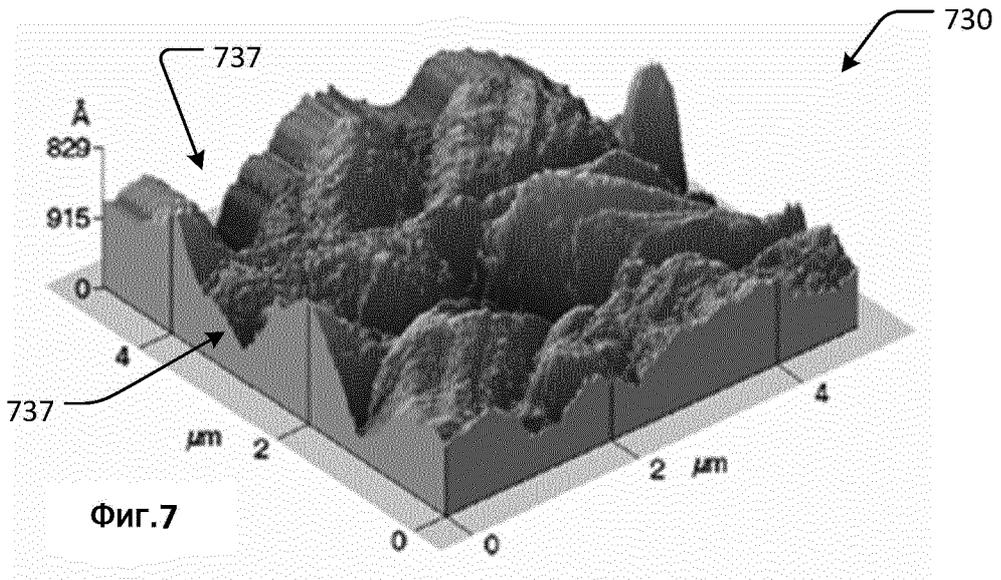
Фиг.4



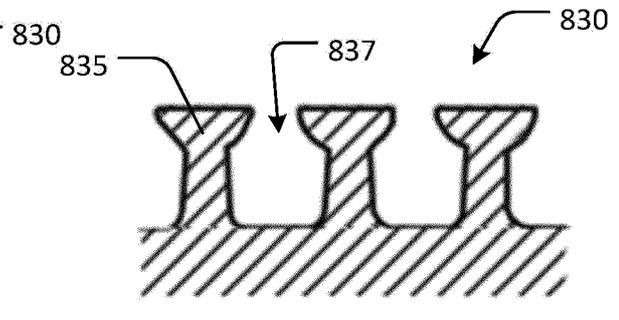
Фиг.5



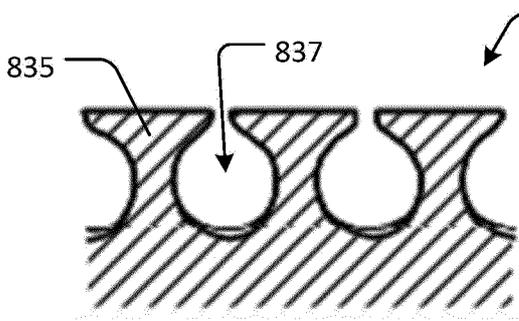
Фиг.6



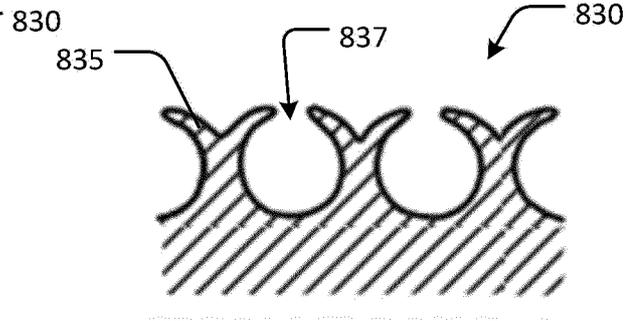
Фиг.8А



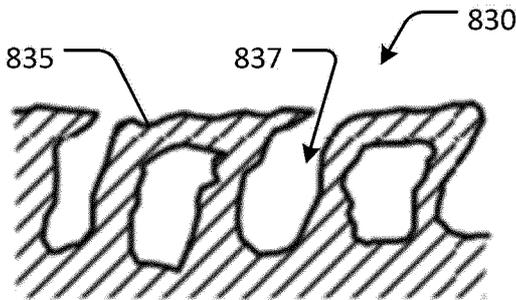
Фиг.8В



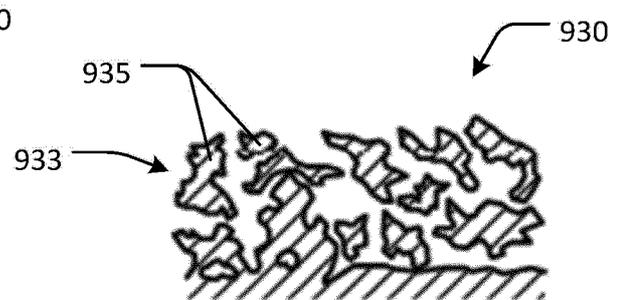
Фиг.8С



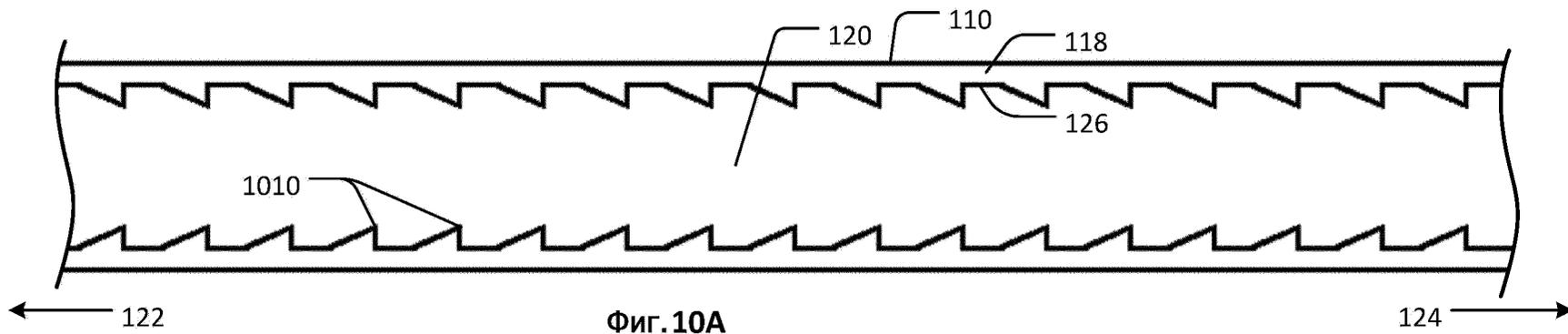
Фиг.8D



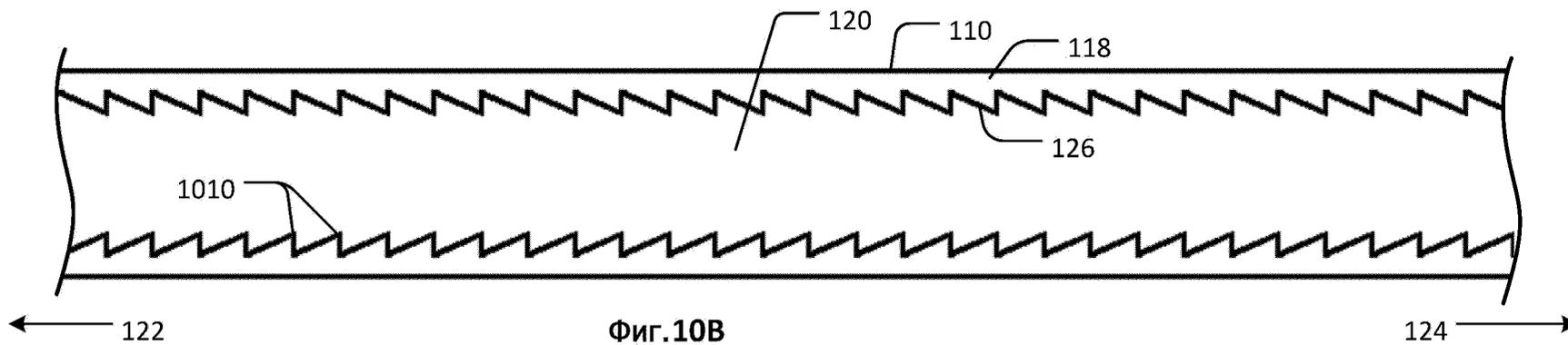
Фиг.8Е



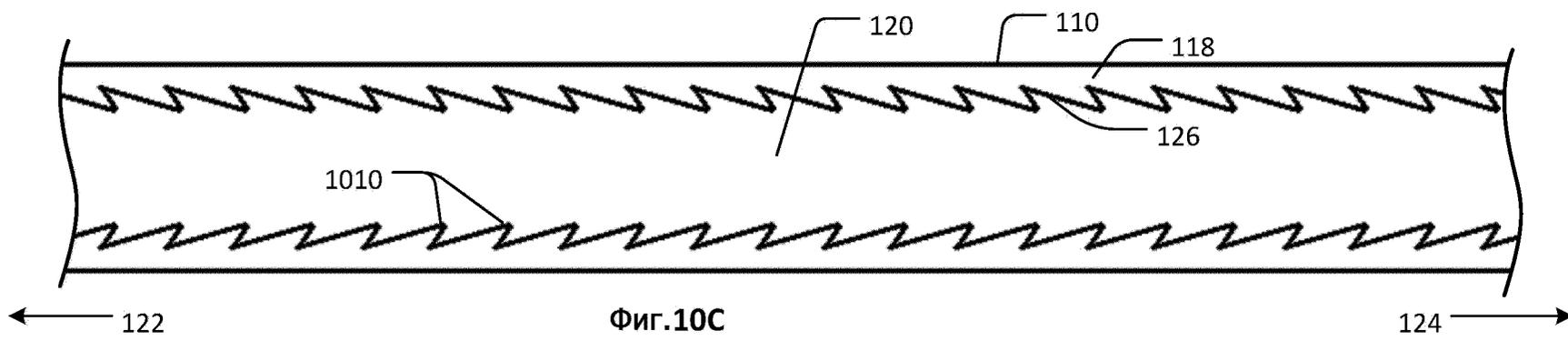
Фиг.9



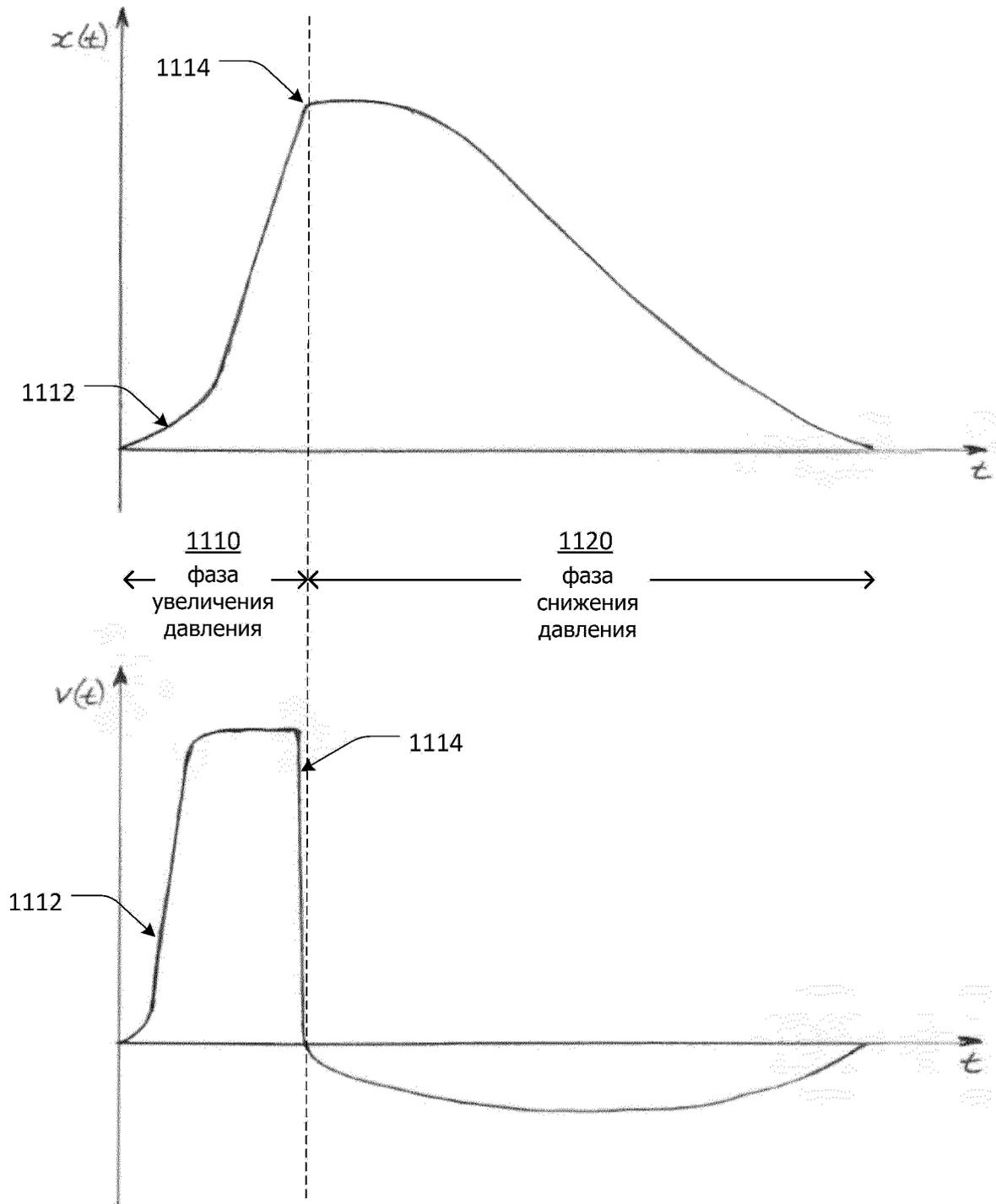
Фиг.10А



Фиг.10В

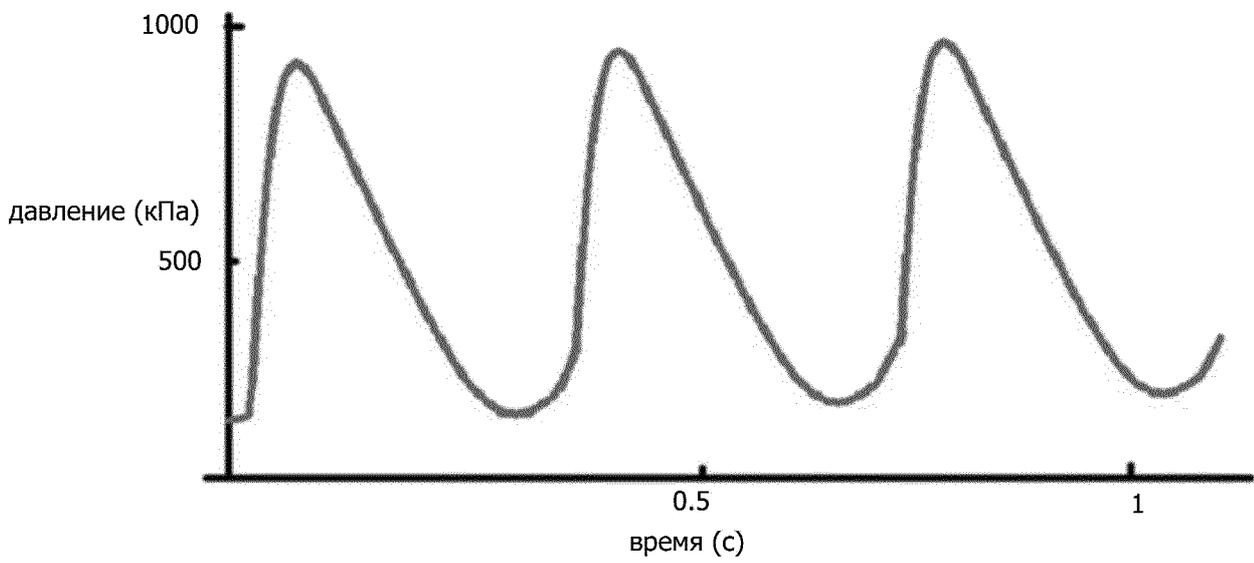


Фиг.10С

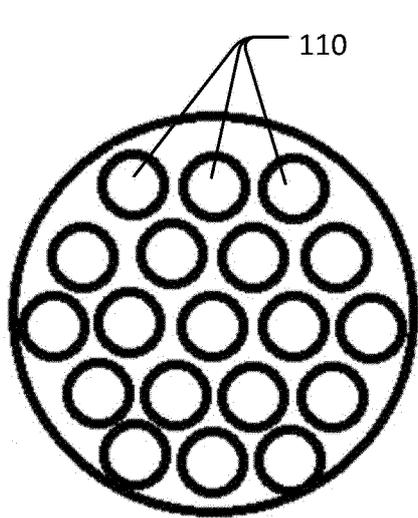


Фиг.11

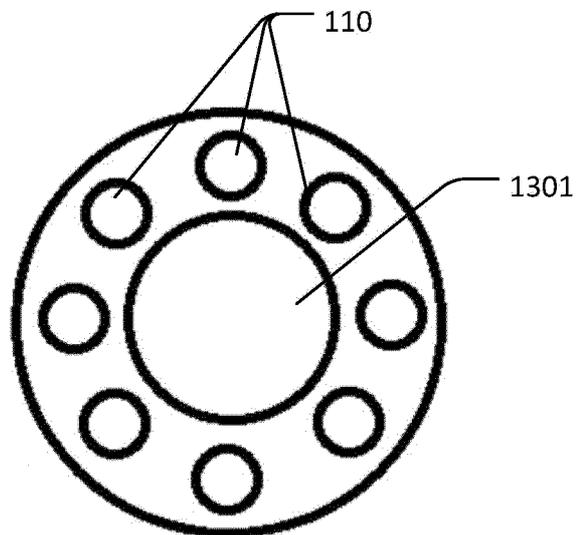
8/12



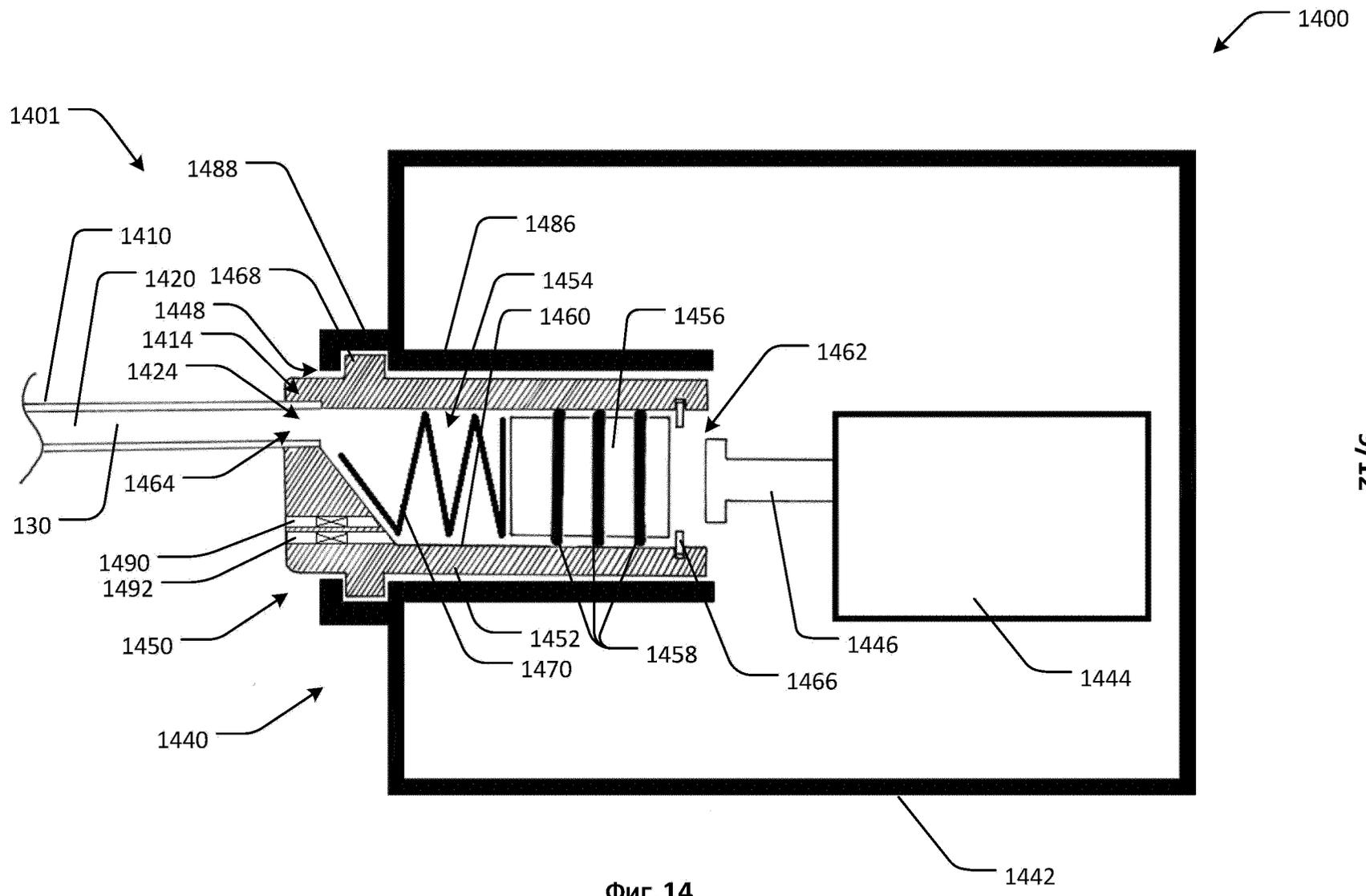
Фиг. 12



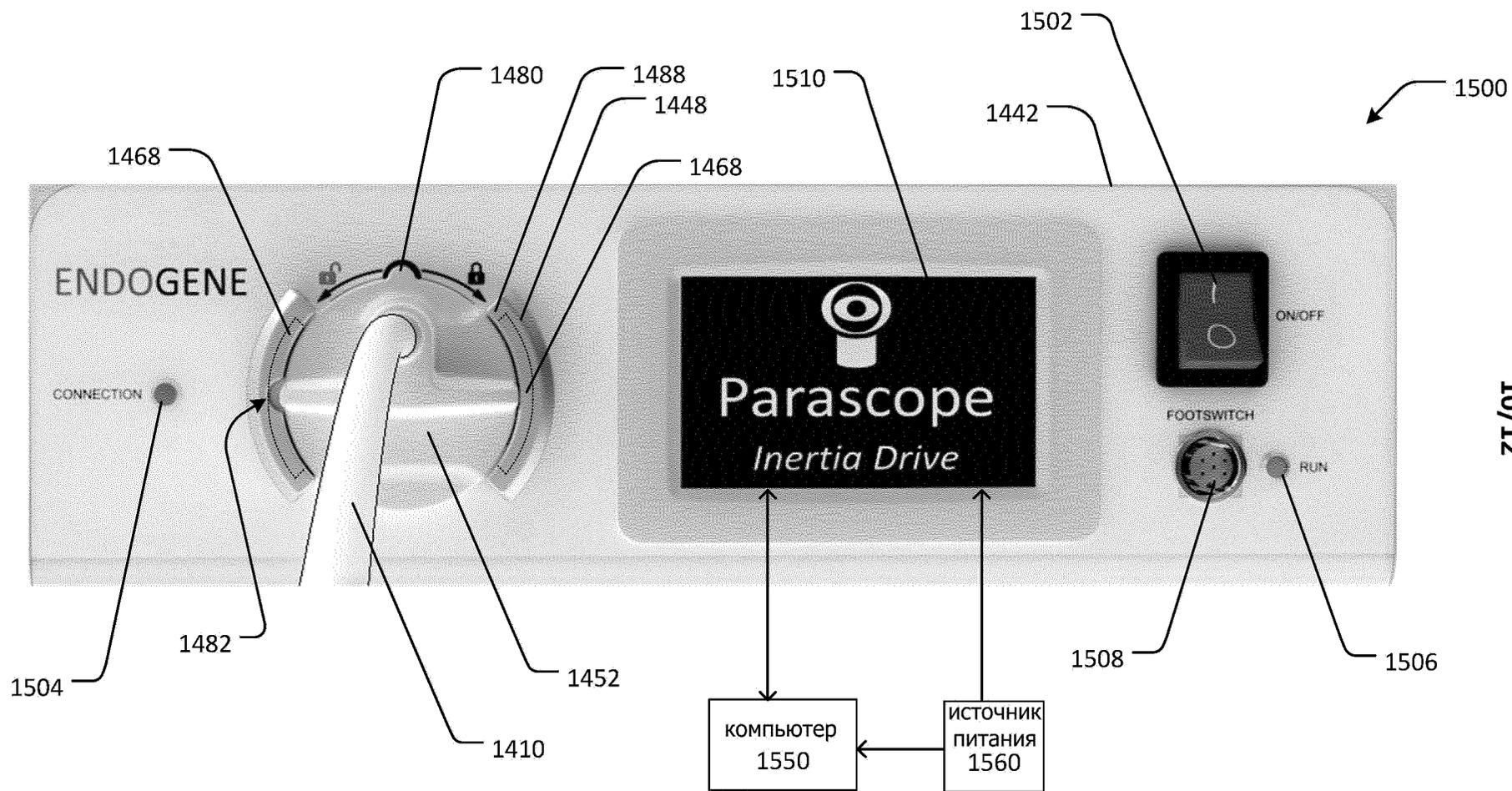
Фиг.13А



Фиг.13В



Фиг. 14



10/12

Фиг. 15

1600

1601

1610

1630

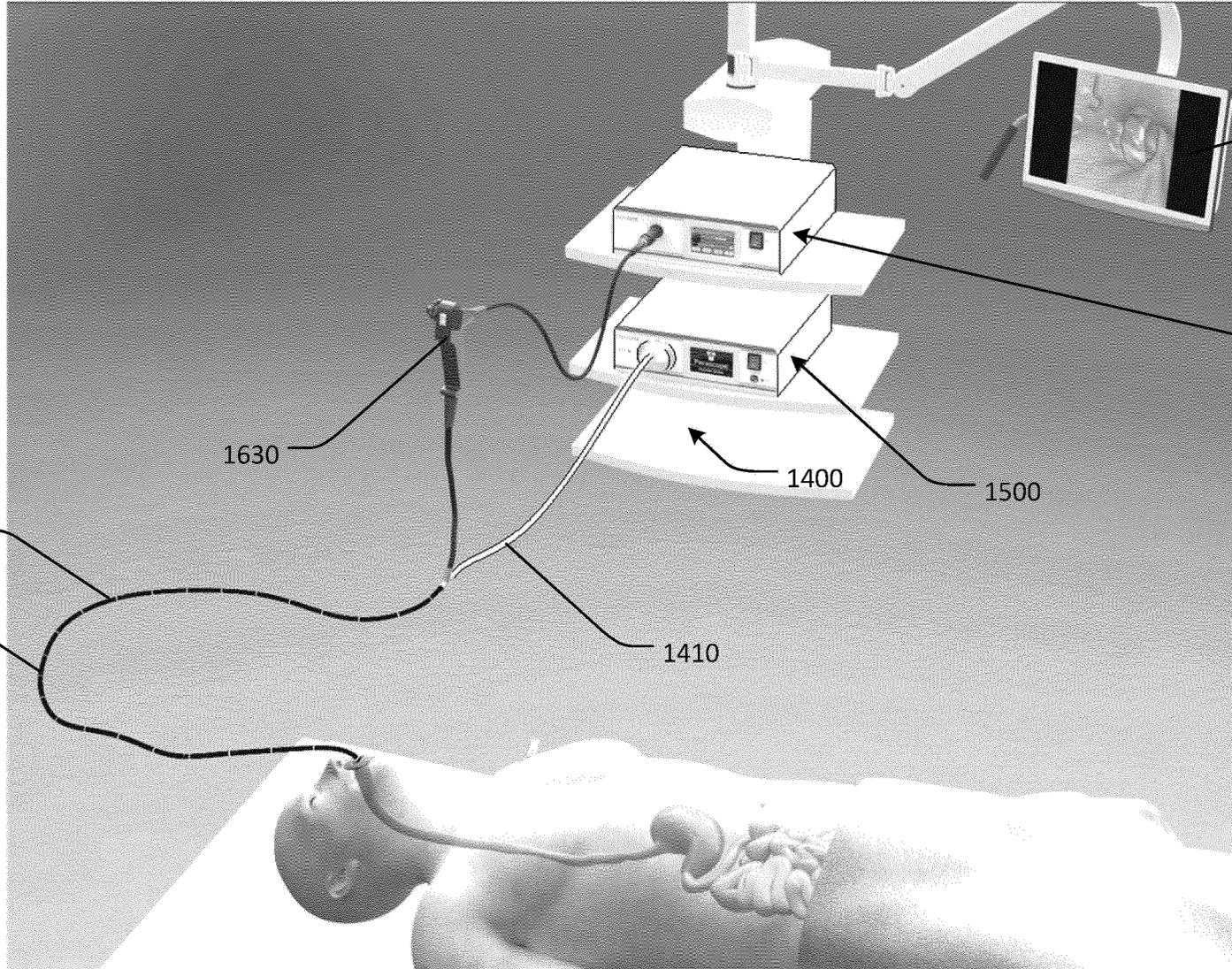
1410

1400

1500

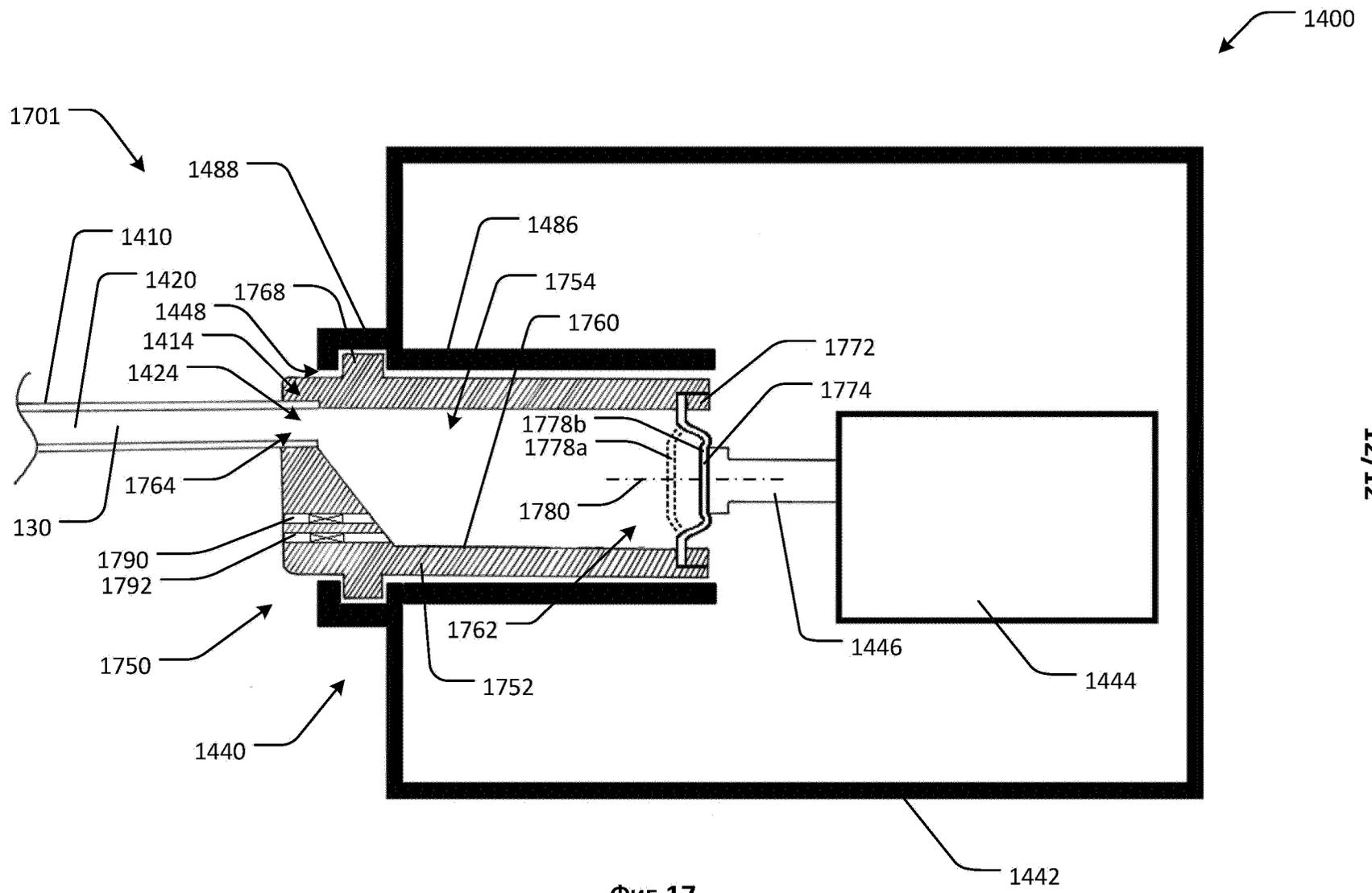
1640

1620



11/12

Фиг.16



Фиг.17

12/12