

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202491096 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.06.20

(51) Int. Cl. E21B 33/12 (2006.01)
E21B 33/127 (2006.01)
E21B 43/10 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.11.09

(54) СКВАЖИННАЯ РАСШИРЯЕМАЯ ТРУБА

(31) 21207644.2; 22177326.0

(72) Изобретатель:
Ревес Рикардо Васкес (BR)

(32) 2021.11.10; 2022.06.03

(33) EP

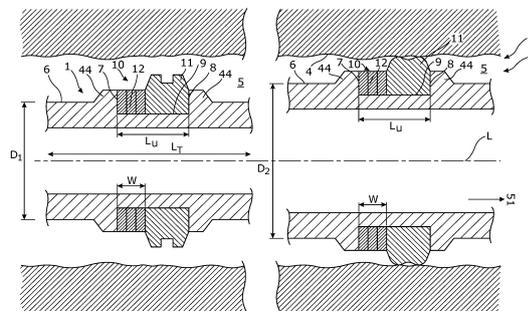
(74) Представитель:
Мадиярова А.С. (KZ)

(86) PCT/EP2022/081333

(87) WO 2023/083891 2023.05.19

(71) Заявитель:
УЕЛЛТЕК МАНУФАКТУРИНГ
ЦЕНТР КОМПЛИШЕНС АПС (DK)

(57) Настоящее изобретение относится к скважинной расширяемой трубе для расширения в скважине от первого внешнего диаметра до второго внешнего диаметра для примыкания к внутренней поверхности скважинной трубчатой металлической конструкции или ствола скважины; скважинная расширяемая труба имеет внешнюю поверхность, продольную протяженность и длину трубы вдоль продольной протяженности. Изобретение также относится к затрубному барьеру для расширения в кольцевом пространстве между скважинной трубчатой металлической конструкцией и внутренней поверхностью ствола скважины или другой скважинной трубчатой металлической конструкцией для обеспечения изоляции зоны между первой зоной и второй зоной ствола скважины. Более того, изобретение относится к скважинной системе, включающей скважинную трубчатую металлическую конструкцию, имеющую внутреннюю поверхность, внешнюю поверхность, скважинную расширяемую трубу, соединенную с внутренней поверхностью, и скважинный закрывающий блок, расположенный на внешней поверхности для постоянной герметизации контрольной линии, контролирующей скважинный компонент скважинной трубчатой металлической конструкции перед заглушкой и ликвидацией скважины, имеющей устье. Наконец, изобретение относится к способу постоянного перекрытия гидравлического сообщения в скважинном закрывающем элементе для постоянной герметизации контрольной линии перед заглушкой и ликвидацией скважины.



A1

202491096

202491096

A1

СКВАЖИННАЯ РАСШИРЯЕМАЯ ТРУБА

Описание

Настоящее изобретение относится к скважинной расширяемой трубе для расширения в скважине от первого внешнего диаметра до второго внешнего диаметра для примыкания к внутренней поверхности скважинной трубчатой металлической конструкции или ствола скважины; скважинная расширяемая труба имеет внешнюю поверхность, продольную протяженность и длину трубы вдоль продольной протяженности. Изобретение также относится к затрубному барьеру для расширения в кольцевом пространстве между скважинной трубчатой металлической конструкцией и внутренней поверхностью ствола скважины или другой скважинной трубчатой металлической конструкцией для обеспечения изоляции зоны между первой зоной и второй зоной ствола скважины. Более того, изобретение относится к скважинной системе, включающей скважинную трубчатую металлическую конструкцию, имеющую внутреннюю поверхность, внешнюю поверхность, скважинную расширяемую трубу, соединенную с внутренней поверхностью, и скважинный закрывающий блок, расположенный на внешней поверхности для постоянной герметизации контрольной линии, контролирующей скважинный компонент скважинной трубчатой металлической конструкции перед заглушкой и ликвидацией скважины, имеющей устье. Наконец, изобретение относится к способу постоянного перекрытия гидравлического сообщения в скважинном закрывающем элементе для постоянной герметизации контрольной линии перед заглушкой и ликвидацией скважины.

При применении эластомерных уплотнителей в скважинных компонентах эти уплотнители не могут применяться для безопасной заглушки и ликвидации. Такие эластомерные уплотнители применяют в различных компонентах заканчивания, таких как заплаты, подвески хвостовика и затрубные барьеры, например, пакеры и т. п., и по прошествии продолжительного периода времени такие эластомерные уплотнители могут давать течь. Эти компоненты часто устанавливают путем расширения необходимой металлической части, и при расширении таких металлических частей компонентов бывает очень трудно вытянуть их из скважины с целью безопасной заглушки и ликвидации скважины.

Задачей настоящего изобретения является полное или частичное преодоление вышеуказанных недостатков и изъянов уровня техники. Более конкретно, целью является создание усовершенствованного герметизирующего узла, применяемого для безопасной операции заглушки и ликвидации.

Другой задачей настоящего изобретения является обеспечение усовершенствованного герметизирующего узла, который может быть использован сначала в качестве уплотнителя, а затем как часть безопасной операции заглушки и ликвидации.

Вышеуказанные задачи вместе с многочисленными другими задачами, преимуществами и признаками, которые станут явными из приведенного ниже описания, достигаются с помощью решения в соответствии с настоящим изобретением благодаря скважинной расширяемой трубе для расширения в скважине от первого внешнего диаметра до второго внешнего диаметра для примыкания к внутренней поверхности скважинной трубчатой металлической конструкции или ствола скважины; скважинная расширяемая труба имеет внешнюю поверхность, продольную протяженность и длину трубы вдоль продольной протяженности, которая включает:

- по меньшей мере одну первую кольцевую кромку и по меньшей мере одну вторую кольцевую кромку, разделенные промежутком по продольной протяженности и предусмотренные на внешней поверхности, образуя кольцевую канавку, и
- герметизирующий узел, расположенный в кольцевой канавке, причем герметизирующий узел включает постпереходный металлический материал.

Благодаря наличию герметизирующего узла, включающего постпереходный металлический материал, постпереходный металлический материал, на более позднем этапе в случае необходимости способен заполнять любой зазор, что достигается путем нагревания постпереходного металлического материала до плавления и последующего затверждения в зазоре, который подлежит заполнению. Так как герметизирующие узлы с годами имеют тенденцию к ослаблению, можно сказать, что такой герметизирующий узел получает "вторую жизнь", поскольку при сильном ослаблении герметизирующего узла постпереходный металлический материал нагревается, любой зазор заполняется, и герметизирующий узел снова способен надлежащим образом функционировать, например, в операциях заглушки и ликвидации.

В одном аспекте герметизирующий узел может иметь длину узла вдоль продольной протяженности, составляющую менее 90 % длины трубы.

В другом аспекте герметизирующий узел может иметь длину узла вдоль продольной протяженности, составляющую менее 20 % длины трубы.

Также длина узла вдоль продольной протяженности может быть меньше, чем 10 % длины трубы, предпочтительно меньше, чем 5 % длины трубы.

Кроме того, постпереходный металлический материал может включать висмут или сплав висмута.

Кроме того, герметизирующий узел может включать по меньшей мере один элемент.

Дополнительно, герметизирующий узел может включать только один элемент.

В дополнение, герметизирующий узел может включать более одного элемента, и по меньшей мере один из элементов может включать постпереходный металлический материал.

Более того, герметизирующий узел также может включать кольцевой герметизирующий элемент и удерживающий элемент, и по меньшей мере удерживающий элемент может включать постпереходный металлический материал, такой как висмут или сплав висмута.

Кроме того, кольцевой герметизирующий элемент может быть изготовлен из эластомера, природной или синтетической резины, полимера или подобного материала.

Благодаря наличию кольцевого герметизирующего элемента из эластомера или подобного материала и удерживающего элемента, обеспечивающего затягивание для герметизирующего элемента, герметизирующий узел способен обеспечивать достаточную уплотняющую способность, которая известна и требуется в нефтегазовой промышленности, в то время как удерживающий элемент, включающий постпереходный металлический материал, на более позднем этапе в случае необходимости способен заполнять любой зазор, что достигается путем нагревания удерживающего элемента до плавления и последующего затвердевания в зазоре, который подлежит заполнению. Таким образом, путем изготовления удерживающего элемента из постпереходного металлического материала, такого как висмут или сплав висмута, удерживающий элемент может быть включен в герметизирующий узел, и при необходимости впоследствии во время заделки и ликвидации удерживающий элемент может быть трансформирован для образования постоянного уплотнения, достаточного для заделки и ликвидации скважины.

Кроме того, элемент, включающий постпереходный металлический материал, такой как висмут или сплав висмута, может составлять одно монолитное целое.

Дополнительно, удерживающий элемент может иметь первый конец и второй конец, и первый конец может частично перекрывать второй конец, если смотреть вдоль продольной протяженности или по окружности скважинной расширяемой трубы.

Также между двумя выступами может быть образована кольцевая канавка.

Кроме того, кольцевой герметизирующий узел может включать кольцевой герметизирующий элемент и дублирующий герметизирующий элемент, примыкающий к кольцевому герметизирующему элементу и поддерживающий его.

В дополнение, кольцевой герметизирующий узел также может включать второй дублирующий герметизирующий элемент, расположенный таким образом, что кольцевой герметизирующий элемент находится между двумя дублирующими уплотнительными элементами, если смотреть вдоль осевой протяженности.

Более того, кольцевой герметизирующий узел также может включать анкерный элемент, расположенный во второй кольцевой канавке, причем анкерный элемент включает первую анкерную часть, по меньшей мере частично перекрывающую вторую анкерную часть в радиальном направлении, перпендикулярном осевой протяженности, таким образом, что внутренняя поверхность первой анкерной части по меньшей мере частично примыкает к внешней поверхности второй анкерной части.

Кроме того, удерживающий элемент может быть удерживающим элементом в форме разрезного кольца, имеющего более одного витка, таким образом, что расширяемый трубчатый элемент расширяется от первого внешнего диаметра до второго внешнего диаметра, и удерживающий элемент в форме разрезного кольца частично раскручивается.

Дополнительно, удерживающий элемент в форме разрезного кольца может раскручиваться менее чем на один виток, когда расширяемый трубчатый элемент расширяется от первого внешнего диаметра до второго внешнего диаметра.

Также удерживающий элемент в форме разрезного кольца может иметь более одного витка во втором внешнем диаметре скважинной расширяемой трубы.

Кроме того, удерживающий элемент в форме разрезного кольца может иметь ширину в продольной протяженности; эта ширина является по сути одинаковой в первом внешнем диаметре и втором внешнем диаметре скважинной расширяемой трубы.

В дополнение, удерживающий элемент в форме разрезного кольца может иметь множество витков.

Более того, скважинная расширяемая труба может иметь первую толщину между первой и второй кольцевыми кромками и вторую толщину в смежных участках; первая толщина является меньшей, чем вторая толщина.

Кроме того, скважинная расширяемая труба может иметь первую толщину между первой и второй кольцевыми кромками, и герметизирующий узел может иметь протяженность, радиальную продольной протяженности скважинной расширяемой трубы, которая является менее чем в два раза большей, чем первая толщина, предпочтительно равной или меньшей, чем первая толщина.

Дополнительно, материал способен расширяться после затвердевания.

Кроме того, материал способен переходить в жидкое состояние при температуре свыше 130 градусов Цельсия.

В дополнение, удерживающий элемент может быть расположен с примыканием к герметизирующему элементу.

Более того, удерживающий элемент и герметизирующий элемент могут практически заполнять зазор, образуемый между первой и второй кольцевыми кромками.

Кроме того, удерживающий элемент в форме разрезного кольца может быть по меньшей мере частично изготовлен из пружинного материала.

Дополнительно, удерживающий элемент в форме разрезного кольца может быть расположен на первой стороне герметизирующего элемента, а второй удерживающий элемент в форме разрезного кольца может быть расположен на другой стороне герметизирующего элемента напротив первой стороны.

Также удерживающий элемент в форме разрезного кольца может удерживать герметизирующий элемент в позиции вдоль продольной протяженности скважинной

расширяемой трубы, при этом расширяя удерживающий элемент в форме разрезного кольца и герметизирующий элемент.

Кроме того, удерживающий элемент в форме кольца может быть разрезным кольцом.

В дополнение, первая и вторая кольцевые кромки могут простираются в радиальной протяженности по отношению к скважинной расширяемой трубе; указанная радиальная протяженность перпендикулярна продольной протяженности скважинной расширяемой трубы.

Более того, дублирующий герметизирующий элемент может быть расположен между удерживающим элементом в форме разрезного кольца и уплотнительным элементом.

Кроме того, удерживающий элемент в форме разрезного кольца и дублирующий герметизирующий элемент могут быть расположены с примыканием к герметизирующему элементу таким образом, что по меньшей мере один из удерживающего элемента в форме разрезного кольца и дублирующего герметизирующего элемента примыкает к герметизирующему элементу.

Дополнительно, дублирующий герметизирующий элемент может быть изготовлен из политетрафторэтилена (ПТФЭ) или полимера.

Также герметизирующий элемент может быть изготовлен из эластомера, резины, политетрафторэтилена (ПТФЭ) или другого полимера.

Кроме того, скважинная расширяемая труба может быть заплатой, расширяемой в пределах обсадной колонны или скважинной трубчатой металлической конструкции в скважине, подвеской хвостовика, по меньшей мере частично расширяемой в пределах обсадной колонны или скважинной трубчатой металлической конструкции в скважине, или обсадной колонной, по меньшей мере частично расширяемой в пределах другой обсадной колонны.

В дополнение, изобретение относится к затрубному барьеру для расширения в кольцевом пространстве между скважинной трубчатой металлической конструкцией и внутренней поверхностью ствола скважины или другой скважинной трубчатой металлической конструкцией для обеспечения изоляции зоны между первой зоной и второй зоной ствола скважины, который включает:

- трубчатую металлическую часть для установки как части скважинной трубчатой

металлической конструкции,

- скважинную расширяемую трубу, окружающую трубчатую металлическую часть и имеющую внешнюю поверхность, обращенную к внутренней поверхности ствола скважины или скважинной трубчатой металлической конструкции; каждый конец скважинной расширяемой трубы соединен с трубчатой металлической частью,
- кольцевое пространство между скважинной расширяемой трубой и трубчатой металлической частью и
- расширительное отверстие в трубчатой металлической части, через которое текучая среда может поступать в кольцевое пространство для расширения скважинной расширяемой трубы.

Более того, затрубный барьер также может включать скважинный закрывающий блок в кольцевом пространстве для постоянной герметизации контрольной линии, контролирующей скважинный компонент скважинной трубчатой металлической конструкции перед заглушкой и ликвидацией скважины, имеющей устье, который включает:

- первый элемент, включающий первое отверстие, второе отверстие и гидравлическое сообщение между первым отверстием и вторым отверстием; первое отверстие расположено ближе к устью, чем второе отверстие, первое отверстие имеет первое соединение с первой частью трубчатой линии, и второе отверстие имеет второе соединение со второй частью трубчатой линии, причем первый элемент имеет первое состояние, в котором гидравлическое сообщение открыто, и второе состояние, в котором гидравлическое сообщение перекрыто.

Благодаря наличию скважинного закрывающего блока, расположенного в расширяемом пространстве затрубного барьера, который обеспечивает гидравлическое сообщение первой части и второй части трубчатой линии, обеспечивается очень простой способ гидравлического отсоединения трубчатой линии, которая через него проходит, и, таким образом, и, таким образом, затрубный барьер может образовывать часть заглушки и ликвидации скважины, поскольку через затрубный барьер не могут произойти утечки, когда первый элемент перешел из первого состояния во второе состояние.

Кроме того, изобретение относится к скважинной системе, включающей скважинную трубчатую металлическую конструкцию, имеющую внутреннюю поверхность, внешнюю поверхность, скважинную расширяемую трубу, соединенную с внутренней поверхностью, и скважинный закрывающий блок, расположенный на внешней

поверхности для постоянной герметизации контрольной линии, контролирующей скважинный компонент скважинной трубчатой металлической конструкции перед заглушкой и ликвидацией скважины, имеющей устье; скважинная расширяемая труба включает:

- первый элемент, включающий первое отверстие, второе отверстие и гидравлическое сообщение между первым отверстием и вторым отверстием; первое отверстие расположено ближе к устью, чем второе отверстие, первое отверстие имеет первое соединение с первой частью трубчатой линии, и второе отверстие имеет второе соединение со второй частью трубчатой линии,

причем первый элемент имеет первое состояние, в котором гидравлическое сообщение открыто, и второе состояние, в котором гидравлическое сообщение перекрыто.

Дополнительно, скважинная система может иметь скважинную трубчатую металлическую конструкцию, имеющую внутреннюю поверхность, внешнюю поверхность и затрубный барьер.

Благодаря наличию скважинного закрывающего блока, который обеспечивает гидравлическое сообщение первой части и второй части трубчатой линии, обеспечивается очень простой способ гидравлического отсоединения трубчатой линии, которая через него проходит, и, таким образом, работа в скважине может быть легко продолжена на следующих этапах заглушки и ликвидации скважины, поскольку не происходит утечки через контрольную линию, когда первый элемент переходит из первого состояния во второе состояние. Гидравлическое сообщение может быть легко перекрыто, и первая часть трубчатой линии / контрольной линии может быть вытянута из скважины перед установкой цементной заглушки и ликвидации скважины.

Также во втором состоянии может быть создано расстояние между первой частью и второй частью трубчатой линии.

Кроме того, гидравлическое сообщение может обеспечиваться сквозным отверстием в первом элементе скважинного закрывающего блока от первого отверстия до второго отверстия.

В дополнение, трубчатая линия может не проникать в первый элемент скважинного закрывающего блока.

Более того, гидравлическое сообщение может обеспечиваться через канал для текучей среды.

Кроме того, первый элемент скважинного закрывающего блока может быть беструбным, в том смысле, что трубчатая линия не проходит через первый элемент.

Дополнительно, сквозное отверстие может быть беструбным, в том смысле, что трубчатая линия не проходит через сквозное отверстие первого элемента.

Также скважинная трубчатая металлическая конструкция может иметь осевую протяженность, и первый элемент может иметь длину вдоль осевой протяженности, составляющую по меньшей мере 2 см.

Более того, скважинная трубчатая металлическая конструкция может иметь осевую протяженность, и первый элемент может иметь длину вдоль осевой протяженности, составляющую по меньшей мере 2 см, предпочтительно по меньшей мере 5 см.

Кроме того, длина первого элемента может составлять по меньшей мере 5 метров, предпочтительно по меньшей мере 10 метров, более предпочтительно свыше 10 метров.

Дополнительно, первый элемент скважинного закрывающего блока может включать постпереходный металл.

Также первый элемент скважинного закрывающего блока может включать материал, расширяющийся при затвердевании.

Кроме того, первый элемент скважинного закрывающего блока может включать материал, переходящий в жидкое состояние при температуре выше 130 градусов Цельсия.

Дополнительно, первый элемент скважинного закрывающего блока может включать фланец на втором отверстии.

Также первый элемент скважинного закрывающего блока может включать фланец на втором отверстии, образующий юбку при затвердевании.

Кроме того, первый элемент скважинного закрывающего блока может быть выполнен

из постпереходного металла, такого как висмут, или включать такой металл.

В дополнение, первый элемент скважинного закрывающего блока может быть изготовлен из легкоплавкого сплава и/или эвтектического сплава.

Более того, первый элемент скважинного закрывающего блока может быть изготовлен из легкоплавкого сплава, такого как висмuto-оловянный (Bi/Sn) сплав, или включать такой сплав, и может быть эвтектическим сплавом. Сплав может быть висмuto-оловянным (Bi/Sn) сплавом в соотношении 58/42, который плавится / затвердевает при 138 градусах Цельсия. Сплав является более плотным, чем текучая среда, заполняющая скважину, как правило, вода или солевой раствор, и, таким образом, вытесняет окружающую скважинную текучую среду в гидравлическом сообщении, что способствует образованию надежной и герметичной связи и перекрытию гидравлического сообщения при активации. Относительно высокая плотность сплава в результате также дает текучий и поддающийся формованию сплав, ведущий себя относительно прогнозируемо. Сплавы проходят отбор на высокую мобильность, таким образом, чтобы текучий или поддающийся формованию сплав мог втекать в сквозное отверстие и заполнять его. Затвердевшие сплавы, таким образом, могут быть эффективны для герметизации гидравлического сообщения, а также могут надежно зацепляться с цементом, когда цемент находится вокруг первого элемента, для обеспечения пробки для заглушки и ликвидации. Сплавы отбирают на совместимость с другими элементами скважинного закрывающего блока и материалом стенки ствола, а также на совместимость с условиями в стволе, например, относительно высокими окружающими температурами ствола или присутствием коррозионных материалов, таких как сероводород и диоксид углерода, которые способны разрушать или иным образом неблагоприятно влиять на другие материалы. В альтернативном или дополнительном варианте первый элемент может включать термопластический или какой-либо другой материал или смесь материалов. В затвердевшем состоянии материал первого элемента может включать аморфное твердое вещество.

Кроме того, первый элемент скважинного закрывающего блока может включать по меньшей мере первый материал и второй материал; первый материал является постпереходным металлом, таким как висмут или сплав висмута, а второй материал не является постпереходным металлом и имеет более высокую точку плавления по сравнению с первым материалом.

Дополнительно, первый элемент скважинного закрывающего блока может включать по меньшей мере первый материал и второй материал; первый материал включает

эвтектический сплав, такой как сплав висмута, а второй материал не является постпереходным металлом и имеет более высокую точку плавления по сравнению с первым материалом.

Также второй материал может быть образован в форме сетки поблизости от второго конца элемента, включающего второе отверстие.

Кроме того, второй материал может быть образован в форме сетки в нижней части для образования юбки, вокруг которой затвердевает висмут.

В дополнение, скважинный закрывающий блок также может включать нагревательный элемент.

Более того, скважинный закрывающий блок также может включать источник питания, такой как батарея.

Кроме того, скважинный закрывающий блок может обеспечивать гидравлическое сообщение первой части трубчатой линии и второй части трубчатой линии.

Дополнительно, скважинный закрывающий блок может быть расположен в кольцевом пространстве.

Кроме того, скважинная расширяемая труба может быть расширяемой металлической втулкой.

Также каждый конец расширяемой металлической втулки может быть соединен с трубчатой металлической частью при помощи первой и второй соединительных частей.

Кроме того, первая часть трубчатой линии может проникать в первую соединительную часть, соединяющую один конец расширяемой металлической втулки и трубчатую металлическую часть, и/или вторая часть трубчатой линии может проникать во вторую соединительную часть, соединяющую один конец расширяемой металлической втулки и трубчатую металлическую часть.

Дополнительно, скважинный закрывающий блок, первая часть и вторая часть трубчатой линии могут обеспечивать гидравлическое сообщение первой зоны и второй зоны.

Также скважинный затрубный барьер может включать клапанный блок для контролирования потока текучей среды изнутри трубчатой металлической части в кольцевое пространство для расширения расширяемой металлической втулки. Клапанный блок также может включать функцию выравнивания давления, в которой давление в кольцевом пространстве выравнивается с более высоким давлением в первой зоне и второй зоне.

Кроме того, гидравлическое сообщение в первом элементе может включать топливную часть из термитного материала.

В дополнение, стенка сквозного отверстия может быть по меньшей мере частично выполнена из термита.

Более того, батарея может запитывать зажигатель для создания искры для зажигания термитного материала для нагревания первого элемента.

Кроме того, трубчатая линия может включать гидравлическую текучую среду или электрический проводник.

Дополнительно, изобретение также относится к способу постоянного перекрытия гидравлического сообщения в скважинном закрывающем блоке для постоянной герметизации контрольной линии перед заглушкой и ликвидацией скважины, который включает:

- вставку скважинной трубчатой металлической конструкции, имеющей компонент заканчивания и затрубный барьер, включающий скважинный закрывающий блок и контрольную линию, в трубчатую линию для эксплуатации компонента заканчивания,
- нагревание первого элемента скважинного закрывающего блока в кольцевом пространстве затрубного барьера таким образом, чтобы материал первого элемента по меньшей мере частично менял состояние на более разжиженное или поддающееся формованию состояние, и
- расширение материала первого элемента во время затвердевания материала первого элемента и, таким образом, перекрытие гидравлического сообщения между первым отверстием и вторым отверстием.

Также может быть выполнено нагревание путем приведения в действие нагревательного элемента в первом элементе или в кабельном инструменте, расположенном с примыканием к первому элементу.

Кроме того, нагревание может быть выполнено путем закачивания активирующей текучей среды по трубчатой линии.

В дополнение, активирующая текучая среда может быть химическим веществом, создающим экзотермический процесс в первом элементе.

Более того, активирующая текучая среда может включать оксид металла алюминия, например, частицы оксида металла алюминия.

Кроме того, способ также может включать отделение первой части скважинной трубчатой металлической конструкции от второй части скважинной трубчатой металлической конструкции в позиции напротив первого элемента перед нагреванием первого элемента.

Дополнительно, способ также может включать вытягивание первой части скважинной трубчатой металлической конструкции из скважины, установку пробки во второй части скважинной трубчатой металлической конструкции и помещение цемента сверху на пробку и скважинный закрывающий блок.

Также после нагревания первого элемента способ также может включать отделение первой части трубчатой линии от второй части трубчатой линии при изменении состояния первого элемента.

Кроме того, отделение может быть выполнено при помощи кабельного инструмента, имеющего режущий инструмент и анкерную секцию.

В дополнение, кабельный инструмент может включать инструмент для возвратно-поступательного перемещения.

Более того, кабельный инструмент может иметь приводной блок, такой как самодвижущийся блок для продвижения кабельного инструмента вперед в скважине.

Наконец, способ также может включать вытягивание первой части скважинной трубчатой металлической конструкции из скважины и вставку второй первой части скважинной трубчатой металлической конструкции вместо вытянутой первой части скважинной трубчатой металлической конструкции.

Изобретение и его многочисленные преимущества будут описаны более подробно ниже со ссылкой на прилагаемые схематические чертежи, на которых в целях иллюстрации показаны некоторые не ограничивающие варианты осуществления, и среди которых:

На Фигуре 1 показан вид в поперечном сечении части скважинной расширяемой трубы в нерасширенном состоянии слева и в расширенном состоянии справа,

На Фигуре 2a показан удерживающий элемент как удерживающий элемент в форме разрезного кольца в нерасширенном состоянии,

На Фигуре 2b показан удерживающий элемент с Фигуры 2a в расширенном состоянии, который является частично раскрученным,

На Фигуре 2c показан еще один удерживающий элемент в нерасширенном состоянии,

На Фигуре 3 показан вид в поперечном сечении скважинной расширяемой трубы в виде вилки, которая расширяется и охватывает перфорированную зону,

На Фигуре 4 показан вид в поперечном сечении скважинной расширяемой трубы в виде подвески хвостовика, которая расширяется в верхней части подвески хвостовика,

На Фигуре 5 показан вид в поперечном сечении затрубного барьера, который включает скважинную расширяемую трубу в виде расширяемой металлической втулки, которая расширяется для уплотнения внутренней поверхности ствола скважины,

На Фигуре 6 показан вид в поперечном сечении еще одного затрубного барьера, который включает скважинную расширяемую трубу в нерасширенном состоянии в стволе скважины,

На Фигуре 7 показан вид в поперечном сечении еще одного затрубного барьера, который включает скважинную расширяемую трубу в нерасширенном состоянии в другой скважинной трубчатой металлической конструкции,

На Фигуре 8 показан вид в поперечном сечении еще одного затрубного барьера, который имеет анкерные элементы,

На Фигуре 9А показан вид в поперечном сечении еще одного затрубного барьера, который имеет скважинный закрывающий блок,

На Фигуре 9В показан вид в поперечном сечении затрубного барьера с Фигуры 9А, в котором первый элемент скважинного закрывающего блока был перемещен для перекрытия второй части трубчатой линии, проникающей в кольцевое пространство затрубного барьера,

На Фигуре 10 показан частичный вид в сечении скважины, имеющей скважинную трубчатую металлическую конструкцию и скважинный закрывающий блок, соединяющий первую часть контрольной линии и вторую часть контрольной линии,

На Фигуре 11 показан частичный вид в сечении скважины, имеющей еще один скважинный закрывающий блок, соединяющий три линии,

На Фигуре 12 показан частичный вид в сечении скважины, имеющей еще один скважинный закрывающий блок,

На Фигуре 13 показана скважинная система, имеющая несколько затрубных барьеров,

На Фигуре 14 показан вид в поперечном сечении еще одной скважинной расширяемой трубы в виде заплат, имеющей один герметизирующий узел, включающий постпереходный металлический материал, и

На Фигуре 15 показан вид в поперечном сечении еще одного затрубного барьера, включающего скважинную расширяемую трубу в виде расширяемой металлической втулки, которая расширяется для уплотнения внутренней поверхности ствола скважины и имеет один герметизирующий узел, включающий постпереходный металлический материал.

Все фигуры являются очень схематичными и не обязательно выполнены в масштабе, при этом на них показаны только те детали, которые необходимы для пояснения изобретения, тогда как другие детали опущены или всего лишь подразумеваются.

На Фигуре 1 показана скважинная расширяемая труба 1 для расширения в скважине 2 от первого внешнего диаметра D_1 до второго внешнего диаметра D_2 для примыкания

к внутренней поверхности 4 скважинной трубчатой металлической конструкции 3 (показанной на Фигурах 3, 5 или 7) или стволу скважины 5. Скважинная расширяемая труба 1 имеет внешнюю поверхность 6, продольную протяженность L и длину трубы L_T вдоль продольной протяженности L . Скважинная расширяемая труба 1 включает по меньшей мере одну первую кольцевую кромку 7 и по меньшей мере одну вторую кольцевую кромку 8, разделенные промежутком по продольной протяженности L и предусмотренные на внешней поверхности 6, образуя кольцевую канавку 9. Скважинная расширяемая труба 1 также включает герметизирующий узел 10, расположенный в кольцевой канавке 9, где герметизирующий узел 10 имеет длину узла L_u вдоль продольной протяженности L , которая составляет менее 20 % длины трубы L_T , и герметизирующий узел 10 включает постпереходный металлический материал.

Как можно видеть на Фигурах 3-9В, длина узла L_u вдоль продольной протяженности L может быть меньшей, чем 10 % длины трубы L_T , предпочтительно меньшей, чем 5 % длины трубы L_T .

Постпереходный металлический материал включает висмут или сплав висмута. Герметизирующий узел 10 включает более одного элемента, по меньшей мере один из элементов включает постпереходный металлический материал. Герметизирующий узел 10 включает несколько элементов в форме кольцевого герметизирующего элемента 11, например, изготовленного из эластомера или другого полимера, и удерживающий элемент 12; по меньшей мере удерживающий элемент 12 включает постпереходный металлический материал, такой как висмут или сплав висмута. Элемент, включающий постпереходный металлический материал, такой как висмут или сплав висмута, образует монолитное целое, как показано на Фигурах 2a и 2b.

Благодаря наличию кольцевого герметизирующего элемента из эластомера или подобного материала и удерживающего элемента, обеспечивающего дублирование для герметизирующего элемента, герметизирующий узел способен обеспечивать достаточную уплотняющую способность, которая известна и требуется в нефтегазовой промышленности, тогда как на более позднем этапе удерживающий элемент, включающий постпереходный металлический материал, в случае необходимости может быть способен заполнить любой зазор, что достигается путем нагревания удерживающего элемента до плавления и последующего затверждения в зазоре, который подлежит заполнению. Таким образом, затрубные барьеры, готовые для заделки и ликвидации, могут быть включены в уплотнения затрубных барьеров, и, таким образом, при необходимости на более позднем этапе могут быть

трансформированы для надлежащего уплотнения для заглушки и ликвидации.

Материал по меньшей мере части герметизирующего узла 10 расширяется при затвердевании, и, таким образом материал в первом состоянии располагается в кольцевой канавке 9, а в другом состоянии приобретает способность к формованию или разжижается, перемещается вниз по скважине 2 от устья 51 и затвердевает в находящемся ниже месте во втором состоянии. В его разжиженном или поддающемся формованию состоянии материал уменьшается в объеме по сравнению с его твердым состоянием и в таком случае приобретает способность проникать в полости и еще больше заполнять такие полости, а при затвердевании материал расширяется, образуя надлежащее уплотнение в новом месте. Таким образом, в результате нагревания материал сначала разжижается или приобретает способность к формованию, а затем втекает в полости 19 между скважинной расширяемой трубой 1 и окружающей стенкой, к которой примыкает скважинная расширяемая труба 1, и накапливается в этих полостях. При затвердевании материал расширяется и обеспечивает отличное уплотнение.

В одном варианте реализации материал разжижается при температуре приблизительно 130 градусов Цельсия. Материал состоит из легкоплавкого сплава, такого как висмута-оловянный (Bi/Sn) сплав, и может быть эвтектическим сплавом. Сплав может быть висмута-оловянным (Bi/Sn) сплавом в соотношении 58/42, который плавится / затвердевает при 138 градусах Цельсия. Сплав является более плотным, чем текучая среда, заполняющая скважину, как правило, вода или солевой раствор, и, таким образом, вытесняет окружающую скважинную текучую среду в гидравлическом сообщении, что способствует образованию надежной и герметичной связи и перекрытию гидравлического сообщения при активации. Относительно высокая плотность сплава в результате также дает текучий и поддающийся формованию сплав, ведущий себя относительно прогнозируемо. Сплавы проходят отбор на высокую мобильность, таким образом, чтобы текучий или поддающийся формованию сплав мог втекать в сквозное отверстие и заполнять его. Затвердевшие сплавы, таким образом, могут быть эффективны для герметизации гидравлического сообщения, а также могут надежно зацепляться с цементом, когда цемент находится вокруг первого элемента, для обеспечения пробки для заглушки и ликвидации. Сплавы отбирают на совместимость с другими элементами скважинного закрывающего блока и материалом стенки ствола, а также на совместимость с условиями в стволе, например, относительно высокими окружающими температурами ствола или присутствием коррозионных материалов, таких как сероводород и диоксид углерода, которые способны разрушать или иным образом неблагоприятно влиять на

другие материалы. В альтернативном или дополнительном варианте материал может включать термопластический или какой-либо другой материал или смесь материалов. В затвердевшем состоянии материал может включать аморфное твердое вещество.

Удерживающий элемент имеет первый конец 33 и второй конец 34, и первый конец 33 перекрывает второй конец 34, если смотреть вдоль продольной протяженности L , как показано на Фигурах 2a и 2b, или по окружности скважинной расширяемой трубы 1, как показано на Фигуре 2c. На Фигуре 2a удерживающий элемент 12 представляет собой удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца, имеющего более одного витка, таким образом, что расширяемый трубчатый элемент 1 расширяется от первого внешнего диаметра D_1 до второго внешнего диаметра D_2 , удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца частично раскручивается, как показано на Фигуре 2b. Удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца раскручивается менее чем на один виток, когда расширяемый трубчатый элемент 1 расширяется от первого внешнего диаметра D_1 до второго внешнего диаметра D_2 , и удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца, таким образом, способен полностью поддерживать герметизирующий элемент 11 даже в его расширенном состоянии. Удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца имеет более одного витка во втором внешнем диаметре D_2 и в расширенном состоянии скважинной расширяемой трубы 1. Как показано на Фигуре 1, удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца имеет ширину W в продольной протяженности L ; ширина W является по сути одинаковой в первом внешнем диаметре D_1 и во втором внешнем диаметре D_2 скважинной расширяемой трубы 1. Кроме того, удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца имеет множество витков $7'$, $7''$, $7'''$, как показано на Фигурах 2a и 2b. Таким образом, удерживающий элемент в форме кольца 12 является разрезным кольцом.

На Фигурах 1 и 4 удерживающий элемент 12 расположен с примыканием к герметизирующему элементу 11 для удержания герметизирующего элемента 11 на месте во время вставки скважинной расширяемой трубы 1 и во время расширения скважинной расширяемой трубы 1. Удерживающий элемент 12 и герметизирующий элемент 11 по сути заполняют зазор, образуемый между первой и второй кольцевыми кромками 7, 8. Удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца удерживает герметизирующий элемент 11 в позиции вдоль продольной протяженности L скважинной расширяемой трубы 1 во время расширения удерживающего элемента 12 в форме разрезного кольца и герметизирующего элемента 11. Первая и вторая кольцевые кромки 7, 8 простираются в радиальной протяженности по отношению к скважинной расширяемой трубе 1; радиальная протяженность перпендикулярна продольной протяженности L скважинной расширяемой трубы 1. После нагревания

материал удерживающих элементов 12 меняет состояние с первого состояния, как показано на Фигурах 3, 4, 5, 9А, на второе состояние, как показано на Фигуре 9В, на которой материал заполняет полость 19 для обеспечения еще большего уплотнения, чем было перед нагреванием. Удерживающий элемент 12, таким образом, оставляет кольцевую канавку 9 и перемещается вниз для заполнения и уплотнения полости 19, как показано на Фигуре 9В и обозначен условным номером 12В.

Скважинная расширяемая труба 1 образует часть вилки, как показано на Фигуре 3, для охватывания перфораций 13 и герметизации этих перфораций 13, когда скважинная расширяемая труба 1 расширяется, таким образом, что герметизирующие узлы 10 прижимаются к внутренней поверхности 4 скважинной трубчатой металлической конструкции 3 по обе стороны перфорированной зоны, имеющей перфорации 13. Кольцевой герметизирующий узел 10 включает кольцевой герметизирующий элемент 11 и дублирующий герметизирующий элемент 24, примыкающий к кольцевому герметизирующему элементу и поддерживающий его 11 и удерживающий элемент 12. Скважинная расширяемая труба 1 имеет несколько выступов 44, и между двумя выступами 44 образуется кольцевая канавка 9. Второй дублирующий герметизирующий элемент 24, 24В расположен таким образом, что кольцевой герметизирующий элемент 11 находится между двумя дублирующими уплотнительными элементами 24, если смотреть вдоль осевой протяженности, и удерживающие элементы 12 прижимаются к дублирующим уплотнительным элементам 24, которые также прижимаются к герметизирующему элементу 11. Дублирующий герметизирующий элемент 24 расположен между удерживающим элементом 12 в форме разрезного кольца и уплотнительным элементом 11. Удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца, таким образом, расположен на первой стороне герметизирующего элемента 11, а второй удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца расположен на другой стороне герметизирующего элемента 11 напротив первой стороны.

Как показано на Фигурах 3, 4, 5, 9А и 9В, таким образом, образуется кольцевая полость 19 между двумя смежными герметизирующими узлами 10. Во время разжижения материала висмута или сплава висмута части герметизирующего узла 10 материал поступает в ближайшую полость 19, расположенную далее вниз по скважине, а при затвердевании материал расширяется для обеспечения очень эффективного уплотнения, например, перед заглушкой и ликвидацией скважины.

На Фигуре 4 скважинная расширяемая труба 1 образует часть подвески хвостовика, которая расширяется в пределах обсадной колонны или скважинной трубчатой

металлической конструкции 3 в скважине, или обсадную колонну, по меньшей мере частично расширяемую в пределах другой обсадной колонны.

На Фигуре 14 скважинная расширяемая труба 1 образует заплату, имеющую герметизирующий узел 10, включающий по меньшей мере один элемент 10В, и по меньшей мере один из элементов включает постпереходный металлический материал. Заплата показана в ее расширенном состоянии скважинной расширяемой трубы с примыканием к внутренней поверхности обсадной колонны / скважинной трубчатой металлической конструкции. В нерасширенном состоянии скважинной расширяемой трубы по меньшей мере один элемент 10В может быть завернут вокруг внешней поверхности 28 втулки (показанной на Фигуре 5), имеющей такую же форму "кольца для ключей", что и удерживающий элемент, показанный на Фигуре 2А или 2С, или по меньшей мере один элемент 10В в его нерасширенном состоянии скважинной расширяемой трубы может быть одной трубчатой втулкой, и, таким образом, герметизирующий узел включает только один элемент.

Фигура 5 показывает скважинный затрубный барьер 50, расширяемый в кольцевом пространстве 103 между скважинной трубчатой металлической конструкцией 3а и стенкой ствола скважины 5 или другой скважинной трубчатой металлической конструкцией 3 (как показано на Фигуре 7) в скважине с целью обеспечения изоляции зон между первой зоной 101 и второй зоной 102 ствола скважины 5. Затрубный барьер 50 включает трубчатую металлическую часть 20, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции 3а; трубчатая металлическая часть 20 имеет внешнюю поверхность 64 и внутреннее пространство 25. Скважинный затрубный барьер 50 также включает скважинную расширяемую трубу 1, окружающую трубчатую металлическую часть 20 и имеющую внутреннюю поверхность 27 втулки, которая обращена к трубчатой металлической части 20, и внешнюю поверхность 28 втулки, которая обращена к стенке ствола скважины 5. Каждый конец 31, 32 скважинной расширяемой трубы 1 соединен с трубчатой металлической частью 20, образуя кольцевое пространство 21 между внутренней поверхностью 27 втулки скважинной расширяемой трубы 1 и трубчатой металлической частью 20. Для расширения скважинного затрубного барьера 50 текучую среду впускают в отверстие 23 изнутри скважинной трубчатой металлической конструкции 3а. Как показано на Фигуре 5, каждый конец 31, 32 скважинной расширяемой трубы 1 соединен с трубчатой металлической частью 20 при помощи первой и второй соединительных частей 41, 42. На Фигуре 6 каждый конец 31, 32 скважинной расширяемой трубы 1 прямо соединен с трубчатой металлической частью 20, например, путем приваривания, и комбинация одного

конца 31, соединенного с трубчатой металлической частью 20 соединительной частью 41, и другого конца 32, прямо соединенного с трубчатой металлической частью, показана на Фигуре 7. Герметизирующие узлы 10 расположены в канавках скважинной расширяемой трубы 1, и удерживающие элементы 12 по меньшей мере частично изготовлены из постпереходного металлического материала, такого как висмут или сплав висмута. На Фигуре 5 скважинная расширяемая труба 1 имеет первую толщину t_1 между первой и второй кольцевыми кромками 7, 8 и вторую толщину t_2 в смежных областях; первая толщина t_1 является меньшей, чем вторая толщина t_2 . Герметизирующий узел 10 имеет протяженность, радиальную продольной протяженности L скважинной расширяемой трубы 1, которая является менее чем в два раза большей, чем первая толщина t_1 , предпочтительно равной или меньшей, чем первая толщина t_1 .

На Фигуре 15 показан еще один затрубный барьер 50 в сечении вдоль осевой протяженности, в котором герметизирующий узел 10 включает по меньшей мере один элемент 10В, и по меньшей мере один из элементов включает постпереходный металлический материал. Затрубный барьер показан в его расширенном состоянии скважинной расширяемой трубы с примыканием к внутренней поверхности обсадной колонны / скважинной трубчатой металлической конструкции. В нерасширенном состоянии скважинной расширяемой трубы по меньшей мере один элемент 10В может быть завернут вокруг внешней поверхности 28 втулки, имеющей такую же форму "кольца для ключей", что и удерживающий элемент, показанный на Фигуре 2А или 2С, или по меньшей мере один элемент 10В в его нерасширенном состоянии скважинной расширяемой трубы может быть одной трубчатой втулкой, и, таким образом, герметизирующий узел включает только один элемент.

На Фигуре 6 показан еще один затрубный барьер 50 в сечении вдоль осевой протяженности, в котором кольцевой герметизирующий элемент 11 имеет первую ширину W_1 , вторую ширину W_2 и третью ширину W_3 ; вторая ширина W_2 является большей, чем первая ширина W_1 и третья ширина W_3 и расположена между первой шириной W_1 и третьей шириной W_3 . Дублирующий герметизирующий элемент 24 имеет первую контактную область A_1 , а кольцевой герметизирующий элемент 11 имеет вторую контактную область A_2 ; первая контактная область A_1 имеет форму, которая сопрягается со второй контактной областью A_2 , как показано на Фигуре 6. Благодаря наличию дублирующего герметизирующего элемента 24 с сопрягаемой формой, такой как форма кольцевого герметизирующего элемента 11, имеющего вторую ширину W_2 , которая является большей, чем первая ширина W_1 и третья ширина W_3 , дублирующий герметизирующий элемент 24 способен препятствовать

открытию потенциальной трещины в кольцевом герметизирующем элементе 11.

На Фигуре 7 герметизирующий элемент 11 имеет другое сечение с канавкой, обращенной к скважинной трубчатой металлической конструкции 3. Как показано на Фигуре 8, герметизирующие узлы 10 расположены в кольцевых канавках 9, и между этими канавками 9 находятся вторые кольцевые канавки 9b; в каждой из них расположены кольцевые канавки 9b и анкерный элемент 14. Анкерный элемент 14, 14b включает первую анкерную часть 15, 15b с зубцами 21a и по меньшей мере частично перекрывает вторую анкерную часть 16, 16b в радиальном направлении, перпендикулярном осевой протяженности, таким образом, что внутренняя поверхность 17, 17b первой анкерной части 15, 15b по меньшей мере частично примыкает к внешней поверхности 18, 18b второй анкерной части 16, 16b. С целью обеспечения усиленного закрепления во время осевой нагрузки на затрубный барьер 50 внутренняя поверхность 17 первой анкерной части 15 и внешняя поверхность 18 второй анкерной части 16 являются наклонными по отношению к осевой и продольной протяженности. Таким образом, когда температура изменяется, и по меньшей мере часть расширяемой металлической втулки 26 / скважинной расширяемой трубы 1 перемещается в одном направлении вдоль оси, первая анкерная часть 15 перемещается в противоположном направлении вдоль наклонной внешней поверхности 18 второй анкерной части 16, и первая анкерная часть 15 в таком случае выталкивается радиально наружу, еще больше прикрепляя расширяемую металлическую втулку 26 к другой скважинной трубчатой металлической конструкции 3 или стенке ствола скважины 5.

Удерживающий элемент 12 в форме разрезного кольца по меньшей мере частично изготовлен из висмута или сплава висмута и пружинного материала. Дублирующий герметизирующий элемент 24 предпочтительно изготовлен из политетрафторэтилена (ПТФЭ) или полимера. Герметизирующий элемент 11 предпочтительно изготовлен из эластомера, резины, политетрафторэтилена (ПТФЭ) или другого полимера.

На Фигуре 13 показана скважинная система 100, включающая скважинную трубчатую металлическую конструкцию 3, имеющую внутреннюю поверхность 4, внешнюю поверхность 64, два скважинных затрубных барьера 50, каждый из которых имеет скважинную расширяемую трубу 1, и скважинный закрывающий блок 61, как показано на Фигурах 10-12, расположенный на внешней поверхности 64 для постоянной герметизации контрольной линии 104, контролирующей скважинный компонент скважинной трубчатой металлической конструкции 3, перед заглушкой и ликвидацией скважины 2, имеющей устье 51; скважинный закрывающий блок 61

имеет первое состояние, в котором гидравлическое сообщение 108 открыто для функционирования компонента заканчивания 52, и второе состояние, в котором гидравлическое сообщение 108 перекрыто (не показано). Скважинная система 100 также включает сетку 60 для впуска буровой текучей среды в скважинную трубчатую металлическую конструкцию 3.

На Фигурах 9А и 9В показан скважинный затрубный барьер 50, расширяемый в кольцевом пространстве 103 между скважинной трубчатой металлической конструкцией 3 и стенкой ствола скважины 5 и другой скважинной трубчатой металлической конструкцией (не показана) в скважине с целью обеспечения изоляции зон между первой зоной 101 и второй зоной 102 ствола скважины 5. Скважинный затрубный барьер 50 включает трубчатую металлическую часть 20, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции 3; трубчатая металлическая часть 20 имеет внешнюю поверхность 64 и внутреннее пространство 25. Скважинный затрубный барьер 50 также включает расширяемую металлическую втулку 26 в форме скважинной расширяемой трубы 1, которая окружает трубчатую металлическую часть 20 и имеет внутреннюю поверхность 27 втулки, которая обращена к трубчатой металлической части 20, и внешнюю поверхность 28 втулки, которая обращена к стенке ствола скважины 5. Каждый конец 31, 32 расширяемой металлической втулки 26 соединен с трубчатой металлической частью 20, образуя кольцевое пространство 21 между внутренней поверхностью 27 втулки расширяемой металлической втулки 26 и трубчатой металлической частью 20. Скважинный затрубный барьер 50 также включает скважинный закрывающий блок 61, расположенный на внешней поверхности 64 в кольцевом пространстве 21. Скважинный закрывающий блок 61 гидравлически соединяет первую часть трубчатой / контрольной линии 104 и вторую часть трубчатой линии 104. Первая часть трубчатой линии 104 проникает в первую соединительную часть 41, соединяющую один конец расширяемой металлической втулки 26 и трубчатую металлическую часть 20, а вторая часть трубчатой линии 104 проникает во вторую соединительную часть 42, соединяющую один конец расширяемой металлической втулки 26 и трубчатую металлическую часть 20. Скважинный закрывающий блок 61, первая часть и вторая часть трубчатой линии 104 гидравлически соединяют первую зону 101 и вторую зону 102.

Скважинный закрывающий блок 61 подробнее показан на Фигурах 10-12. Скважинный закрывающий блок 61 применяют для постоянной герметизации контрольной линии 104, контролирующей скважинный компонент (не показан) скважинной трубчатой металлической конструкции 3 перед заглушкой и ликвидацией

скважины 2, имеющей устье 51. Скважинный закрывающий блок 61 включает первый элемент 105, включающий первое отверстие 106, второе отверстие 107 и гидравлическое сообщение 108 между первым отверстием 106 и вторым отверстием 107. Первое отверстие 106 расположено ближе к устью 51, чем второе отверстие 107 на расстоянии от второго отверстия 107. Первое отверстие 106 имеет первое соединение 109 и соединено с первой частью 110 трубчатой линии 104, а второе отверстие 107 имеет второе соединение 111 и соединено со второй частью 112 трубчатой линии 104. Первый элемент 105 имеет первое состояние, в котором гидравлическое сообщение 108 открыто, и второе состояние, в котором гидравлическое сообщение 108 перекрыто. Первый элемент 105 показан в его первом состоянии, в котором первая часть 110 трубчатой линии 104 гидравлически сообщается со второй частью 112 трубчатой линии 104 через канал 114 для текучей среды в первом элементе 105 скважинного закрывающего блока 61.

Первая часть контрольной линии 104, таким образом, не имеет прямого соединения со второй частью 112 трубчатой линии 104, но соединена через трубчатую линию 104 таким образом, что трубчатая линия 104 не проникает в первый элемент 105. Таким образом, контрольная линия 104 образуется первой частью 110 трубчатой линии 104, каналом 114 для текучей среды в первом элементе 105 и второй частью 112 трубчатой линии 104. Гидравлическое сообщение 108 обеспечивается сквозным отверстием 114, образующим канал 114 для текучей среды в первом элементе 105 от первого отверстия 106 до второго отверстия 107. Таким образом, первый элемент 105 является беструбным, в том смысле, что трубчатая линия 104 трубчатая линия не проходит ни через первый элемент 105, ни через сквозное отверстие 114 первого элемента 105.

Благодаря наличию скважинного закрывающего блока 61, гидравлически соединяющего первую часть 110 трубчатой линии 104 со второй частью 112 трубчатой линии 104, гидравлическое сообщение 108 может быть легко перекрыто, и первая часть 110 трубчатой линии 104 может быть вытянута из скважины 2 перед установкой цементной заглушки и ликвидации скважины. Скважинный закрывающий блок 61, таким образом, обеспечивает очень безопасный способ ликвидации скважины, имеющей контрольную линию для контролирования скважинного компонента. Гидравлическое сообщение 108 может быть перекрыто двумя способами: либо путем перекрытия канала 114 для текучей среды, обеспечивающего гидравлическое сообщение 108 в первом элементе 105 скважинного закрывающего блока 61, либо путем отделения первой части 110 трубчатой линии 104 от второй части 112 трубчатой линии 104 и герметизации конца второй части 112 трубчатой линии 104. Когда канал 114 для текучей среды перекрыт, цемент окружает первый элемент 105,

упирается в него и герметизируя, и когда обеспечивается отделение, цемент непосредственно окружает внешнюю поверхность 64 скважинной трубчатой металлической конструкции 3, упирается в нее и герметизирует, поскольку первый элемент 105 был смещен вниз, и открывается доступ к внешней поверхности 64 скважинной трубчатой металлической конструкции 3 по всей окружности скважинной трубчатой металлической конструкции 3. В любом случае цемент не окружает трубчатую линию / контрольную линию 104, и риск утечки в скважине вдоль трубчатой линии / контрольной линии 104 отсутствует.

Первый элемент 105, как показано на Фигуре 9А, меняет состояние, когда первый элемент 105 нагревается выше заданной температуры, при которой первый элемент 105 приобретает способность к формованию или разжижается и, таким образом, первый элемент 105 отсоединяется от первой части 110 трубчатой линии 104 и накапливается (показано как 1а) вокруг и сверху второй части 112 трубчатой линии 104, как показано на Фигуре 9В, таким образом, чтобы загерметизировать вторую часть 112 трубчатой линии 104 от первой части 110 трубчатой линии 104.

Как можно видеть на Фигуре 10, скважинная трубчатая металлическая конструкция 3 имеет осевую протяженность, и первый элемент 105 имеет длину L_E вдоль осевой протяженности, составляющую по меньшей мере 2 см, предпочтительно по меньшей мере 5 см. Первый элемент 105 включает постпереходный металлический материал, такой как висмут, и, таким образом, первый элемент 105 включает материал, расширяющийся при затвердевании, для примыкания к другой окружающей скважинной трубчатой металлической конструкции 3В. Первый элемент 105 может быть изготовлен из легкоплавкого сплава, такого как материал переходящий в жидкое состояние при температуре выше 130 градусов Цельсия, и/или эвтектического сплава.

Первый элемент 105 может включать легкоплавкий сплав, такой как висмuto-оловянный (Bi/Sn) сплав, и может быть эвтектическим сплавом. Сплав может быть висмuto-оловянным (Bi/Sn) сплавом в соотношении 58/42, который плавится / затвердевает при 138 градусах Цельсия.

На Фигуре 9А материал первого элемента 105 находится в его первом состоянии, обеспечивающем гидравлическое сообщение 108 между первой частью 110 и второй частью 112 трубчатой линии 104. На Фигуре 9В первый элемент 105 был разжижен, а затем затвержден вокруг второй части 112 трубчатой линии 104, (показано как 1а), таким образом, герметизируя отверстие 39 на верхнем конце 40 второй части 112

трубчатой линии 104. Таким образом, первый элемент 105 деформируется в нижней части кольцевого пространства 21, герметизируя вторую часть 112 трубчатой линии 104 в кольцевом пространстве 21.

Таким образом, благодаря наличию скважинного закрывающего блока 61, расположенного в кольцевом пространстве 21 затрубного барьера 50, обеспечивается очень простой способ гидравлического отсоединения трубчатой линии 104, которая через него проходит, и, таким образом, затрубный барьер 50 может образовывать часть заглушки и ликвидации скважины, поскольку не происходит утечки через затрубный барьер 50, когда первый элемент 105 переходит из первого состояния во второе состояние.

Скважинный затрубный барьер 50 также включает клапанный блок 43 для контролирования потока текучей среды изнутри трубчатой металлической части 20 в кольцевое пространство 21 для расширения расширяемой металлической втулки 26, как показано на Фигурах 9А и 9В. Клапанный блок 43 также включает функцию выравнивания давления, в которой давление в кольцевом пространстве 21 выравнивается с более высоким давлением в первой зоне 101 и второй зоне 102.

С целью формования или разжижения по меньшей мере части первого элемента 105 гидравлическое сообщение 108 в первом элементе 105 может включать по меньшей мере топливную часть из термитного материала. Стенка сквозного отверстия 114, создающего гидравлическое сообщение 108 между первой частью 110 и второй частью 112 трубчатой линии 104, по меньшей мере частично выполнена из термита или покрыта термитом, который является пиротехнической композицией металлического порошка или оксида металла.

Вместо нагревательного элемента 116 нагревание может быть выполнено путем закачивания активирующей текучей среды по трубчатой линии 104. Активирующая текучая среда является химическим веществом, создающим экзотермический процесс в первом элементе 105, или активирующая текучая среда включает оксид металла алюминия, например, частицы оксида металла алюминия. Окислители могут включать оксид висмута(III), оксид бора(III), оксид кремния(IV), оксид хрома(III), оксид марганца(IV), оксид железа(III), оксид железа(II,III), оксид меди(II) или оксид свинца(II,IV). Топливная часть в первом элементе 105 может включать алюминий, магний, титан, цинк, кремний или бор. Скважинный закрывающий блок 61 также может включать батарею, питающую зажигатель для создания искры для зажигания термитного материала для нагревания первого элемента 105.

Благодаря наличию скважинного закрывающего блока 61, гидравлически соединяющего первую часть 110 и вторую часть 112 трубчатой линии 104, обеспечивается очень простой способ гидравлического отсоединения трубчатой линии 104, которая через него проходит, и, таким образом, работа в скважине может быть легко продолжена на следующих этапах заделки и ликвидации скважины, поскольку через контрольную линию 104 не могут происходить утечки, когда первый элемент 105 перешел из первого состояния во второе состояние. Гидравлическое сообщение 108 может быть легко перекрыто, и первая часть 110 трубчатой линии / контрольной линии 104 может быть вытянута из скважины перед установкой цементной заделки и ликвидации скважины.

Как показано на Фигуре 9В, создается расстояние 47 между первой частью 110 и второй частью 112 трубчатой линии 104 во втором состоянии.

Как показано на Фигуре 11, скважинный закрывающий блок 61 включает фланец 115 на втором отверстии 107. Когда первый элемент 105 нагревается и, таким образом, приобретает поддающееся формованию или разжиженное состояние, фланец 115 образует юбку после затвердевания, и, таким образом, первый элемент 105 затвердевает вокруг фланца 115 и, таким образом, над второй частью 112 трубчатой линии 104. Благодаря наличию фланца 115, затвердевание контролируют, чтобы оно происходило в позиции вокруг фланца 115 и второй части 112 трубчатой линии 104 для герметичной изоляции конца второй части 112, ближайшего к первой части 110. Первая часть 110 трубчатой линии 104 остается открытой после смены состояния первого элемента 105 на второе состояние, в котором гидравлическое сообщение 108 перекрыто. Как показано на Фигуре 12, скважинный закрывающий блок 61 включает сетку 119 в нижней части первого элемента 105 для образования юбки, вокруг которой затвердевает материал первого элемента 105, такой как висмут или легкоплавкий сплав.

Скважинный закрывающий блок 61 может включать одно гидравлическое сообщение 108, как показано на Фигуре 10, для обеспечения одного гидравлического сообщения 108 контрольной линии 104. Как показано на Фигуре 11, скважинный закрывающий блок 61 включает три гидравлических сообщения 108 в форме трех каналов для текучей среды 114, и, таким образом, текучая среда соединяет первую часть 110 и вторую часть 112 трех трубчатых линий 104, 104а, 104б, 104с. Трубчатые линии 104, 104а, 104б, 104с применяют для гидравлического сообщения или электрического сообщения и, таким образом, переноса гидравлической текучей среды или

электрического проводника / линии. Соответственно, скважинный закрывающий блок 61 может включать множество гидравлических сообщений 108, гидравлически соединяющих первую и вторую части 110, 112 множества трубчатых линий 104, 104a, 104b, 104c.

С целью нагрева первого элемента 105 скважинный закрывающий блок 61 может включать нагревательный элемент 116 и источник питания 117, такой как батарея, как показано на Фигуре 12. Нагревательный элемент 116 расположен в двух сквозных отверстиях 114 в первом элементе 105 по обе стороны канала 114 для текучей среды, соединяющего первую часть 110 и вторую часть 112 трубчатой линии 104. При местном нагревании материал первого элемента 105 сначала приобретает способность к формованию или разжижается, а затем расширяется во время затвердевания, перекрывая гидравлическое сообщение 108 между первой частью 110 и второй частью 112 трубчатой линии 104. Таким образом, первый элемент 105 меняет форму только в определенном месте для заполнения канала 114 для текучей среды и, таким образом, перекрывает гидравлическое сообщение 108. Оставшаяся часть первого элемента 105 остается неизменной даже при том, что первый элемент 105 меняет состояние с первого состояния на второе состояние. Поддающаяся формованию или разжижающаяся часть материала первого элемента 105 затвердевает вокруг сетки 119 и заполняет по меньшей мере нижнюю часть канала 114 для текучей среды, ближайшую ко второй части 112 трубчатой линии 104. Нагревательный элемент 116, таким образом, может быть расположен в верхней части скважинного закрывающего блока 61, ближайшей к первой части 110 трубчатой линии 104, и поддающаяся формованию или разжижающаяся часть первого элемента 105 затвердевает, когда течет в нижнюю часть канала 114 для текучей среды.

Скважинный закрывающий блок 61 может нагреваться изнутри скважинной трубчатой металлической конструкции 3 кабельным инструментом, имеющим нагревательный элемент 116. Скважинный закрывающий блок 61 полностью окружает скважинную трубчатую металлическую конструкцию 3 на Фигуре 11 и лишь частично окружает ее на Фигуре 10. Скважинный закрывающий блок 61 может быть зафиксирован на скважинной трубчатой металлической конструкции 3 при помощи зажимного устройства или приварен к ней. Скважинный закрывающий блок 61 также может быть закреплен лишь на первой части 110 и второй части 112 трубчатой линии 104, и, таким образом, не закреплен на скважинной трубчатой металлической конструкции 3.

Гидравлическое сообщение 108 в скважинном закрывающем блоке 61 окончательно

перекрывают для постоянной герметизации контрольной линии 104 перед заглушкой и ликвидацией скважины, включая вставку скважинной трубчатой металлической конструкции 3, имеющей компонент заканчивания и затрубный барьер, включающий скважинный закрывающий блок 61 и контрольную линию 104, в трубчатую линию 104 для эксплуатации компонента заканчивания, нагревание первого элемента 105 скважинного закрывающего блока 61 в кольцевом пространстве 21 затрубного барьера 50 таким образом, чтобы материал первого элемента 105 по меньшей мере частично менял состояние на более разжиженное или поддающееся формованию состояние, и последующее расширение материала первого элемента 105 во время затвердевания материала первого элемента 105 и, таким образом, перекрытие гидравлического сообщения 108 между первым отверстием 106 и вторым отверстием 107. Может быть выполнено нагревание путем приведения в действие нагревательного элемента 116 в первом элементе 105 или в кабельном инструменте, расположенном с примыканием к первому элементу 105, или путем закачивания активирующей текучей среды по трубчатой линии 104. Активирующая текучая среда является химическим веществом, создающим экзотермический процесс в первом элементе 105, и может включать оксид металла алюминия, например, частицы оксида металла алюминия.

После нагревания первого элемента 105 способ также может включать отделение первой части 110 трубчатой линии 104 от второй части 112 трубчатой линии 104, когда первый элемент 105 меняет состояние. Отделение первой части скважинной трубчатой металлической конструкции 3 от второй части скважинной трубчатой металлической конструкции 3 производят в позиции напротив первого элемента 105 перед нагреванием первого элемента 105. Способ также включает вытягивание первой части скважинной трубчатой металлической конструкции 3 из скважины, установку пробки во второй части скважинной трубчатой металлической конструкции 3 и помещение цемента сверху на пробку и скважинный закрывающий блок 61. Отделение выполняют при помощи кабельного инструмента, имеющего режущий инструмент и анкерную секцию. Кабельный инструмент может включать инструмент для возвратно-поступательного перемещения и/или приводной блок, такой как самодвижущийся блок, для продвижения кабельного инструмента вперед в скважине. Вместо заглушки и ликвидации скважины первая часть скважинной трубчатой металлической конструкции 3 может быть вытянута из скважины, а вторая первая часть скважинной трубчатой металлической конструкции 3 может быть вставлена вместо вытянутой первой части скважинной трубчатой металлической конструкции 3.

Инструмент для возвратно-поступательного перемещения является инструментом,

обеспечивающим осевое усилие. Инструмент для возвратно-поступательного перемещения включает электродвигатель для приведения насоса в действие. Насос закачивает текучую среду в корпус поршня для приведения в движение действующего в нем поршня. Поршень расположен на шатуне. Насос может закачивать жидкость в корпус поршня с одной стороны и одновременно отсасывать жидкость с другой стороны поршня.

Под "текучей средой" или "скважинной текучей средой" понимают любой тип текучей среды, которая может присутствовать в нефтяных или газовых скважинах, например, природный газ, нефть, нефтяной буровой раствор, сырую нефть, воду и так далее. Под "газом" понимают любой тип газовой смеси, присутствующей в скважине, законченной или с открытым стволом, а под "нефтью" понимают любой тип нефтяной смеси, например, сырая нефть, нефтесодержащая текучая среда и так далее. Таким образом, в состав текучих сред газа, нефти и воды могут входить другие элементы или вещества, которые не являются газом, нефтью и/или водой, соответственно.

Под «затрубным барьером» подразумевается затрубный барьер, включающий трубчатую металлическую часть, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, и расширяемую металлическую втулку, окружающую и соединенную с трубчатой частью, определяющей затрубное барьерное пространство.

Под "обсадной колонной" или "скважинной трубчатой металлической конструкцией" подразумевается любой вид трубы, трубчатого элемента, трубопровода, внутренней обшивки, колонны труб и т. д., используемый в скважине под землей в связи с добычей нефти или природного газа.

В том случае, когда невозможно полностью погрузить инструмент в обсадную колонну, для проталкивания инструмента до нужного положения в скважине может быть использован самодвижущийся блок, такой как скважинный трактор. Скважинный трактор может иметь выдвигаемые плечи, имеющие колеса, которые контактируют с внутренней поверхностью обсадной колонны для продвижения трактора и инструмента вперед в обсадной колонне. Скважинный трактор представляет собой любой тип приводного инструмента, способного толкать или тянуть инструменты в скважине, такой как Well Tractor®.

Хотя изобретение было описано выше в связи с предпочтительными вариантами осуществления изобретения, специалисту в данной области техники будет ясно, что допустимы несколько модификаций без отклонения от сущности изобретения,

определенной ниже следующей формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Скважинная расширяемая труба (1) для расширения в скважине (2) от первого внешнего диаметра (D_1) до второго внешнего диаметра (D_2) для примыкания к внутренней поверхности (4) скважинной трубчатой металлической конструкции (3) или ствола скважины (5); скважинная расширяемая труба имеет внешнюю поверхность (6), продольную протяженность (L) и длину трубы (L_T) вдоль продольной протяженности, которая включает:

- по меньшей мере одну первую кольцевую кромку (7) и по меньшей мере одну вторую кольцевую кромку (8), разделенные промежутком по продольной протяженности и предусмотренные на внешней поверхности, образуя кольцевую канавку (9), и
- герметизирующий узел (10), расположенный в кольцевой канавке, причем герметизирующий узел включает постпереходный металлический материал.

2. Скважинная расширяемая труба по п. 1, отличающаяся тем, что постпереходный металлический материал включает висмут или сплав висмута.

3. Скважинная расширяемая труба по пп. 1 или 2, отличающаяся тем, что герметизирующий узел имеет длину узла (L_u) вдоль продольной протяженности, составляющую менее 20 % длины трубы.

4. Скважинная расширяемая труба по любому из пунктов 1-3, отличающаяся тем, что герметизирующий узел включает более одного элемента, и по меньшей мере один из элементов включает постпереходный металлический материал.

5. Скважинная расширяемая труба по п. 4, отличающаяся тем, что элемент, включающий постпереходный металлический материал, такой как висмут или сплав висмута, составляет одно монолитное целое.

6. Скважинная расширяемая труба по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что герметизирующий узел также включает кольцевой герметизирующий элемент (11) и удерживающий элемент (12), и по меньшей мере удерживающий элемент включает постпереходный металлический материал, такой как висмут или сплав висмута.

7. Скважинная расширяемая труба по п. 6, отличающаяся тем, что кольцевой герметизирующий элемент изготовлен из эластомера, природной или синтетической резины, полимера или подобного материала.

8. Скважинная расширяемая труба по пп. 6 или 7, отличающаяся тем, что удерживающий элемент имеет первый конец и второй конец, и первый конец частично перекрывает второй конец, если смотреть вдоль продольной протяженности или по окружности скважинной расширяемой трубы.

9. Скважинная расширяемая труба по пп. 6-8, отличающаяся тем, что удерживающий элемент является удерживающим элементом в форме разрезного кольца, имеющего более одного витка, таким образом, что расширяемый трубчатый элемент расширяется от первого внешнего диаметра (D_1) до второго внешнего диаметра (D_2), и удерживающий элемент в форме разрезного кольца частично раскручивается.

10. Скважинная расширяемая труба по п. 9, отличающаяся тем, что удерживающий элемент в форме разрезного кольца раскручивается менее чем на один виток, когда расширяемый трубчатый элемент расширяется от первого внешнего диаметра (D_1) до второго внешнего диаметра (D_2).

11. Скважинная расширяемая труба по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что материал расширяется после затвердевания.

12. Скважинная расширяемая труба по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что материал переходит в жидкое состояние при температуре выше 130 градусов Цельсия.

13. Затрубный барьер (50) для расширения в кольцевом пространстве (103) между скважинной трубчатой металлической конструкцией (3а) и внутренней поверхностью (4) ствола скважины (5) или другой скважинной трубчатой металлической конструкцией (3) для обеспечения изоляции зоны между первой зоной (101) и второй зоной (102) ствола скважины, который включает:

- трубчатую металлическую часть (20) для установки как части скважинной трубчатой металлической конструкции (3а),

- скважинную расширяемую трубу (1) по любому из предшествующих пунктов, окружающую трубчатую металлическую часть (20) и имеющую внешнюю поверхность, обращенную к внутренней поверхности ствола скважины или скважинной трубчатой металлической конструкции; каждый конец (31, 32) скважинной расширяемой трубы соединен с трубчатой металлической частью,

- кольцевое пространство (21) между скважинной расширяемой трубой и трубчатой

металлической частью и

- расширительное отверстие (23) в трубчатой металлической части, через которое текучая среда может поступать в кольцевое пространство для расширения скважинной расширяемой трубы.

14. Затрубный барьер (50) по п. 13, также включающий скважинный закрывающий блок (61) в кольцевом пространстве для постоянной герметизации контрольной линии, контролирующей скважинный компонент (52) скважинной трубчатой металлической конструкции (3) перед заглушкой и ликвидацией скважины (2), имеющей устье (51), который включает:

- первый элемент (105), включающий первое отверстие (106), второе отверстие (107) и гидравлическое сообщение (108) между первым отверстием и вторым отверстием; первое отверстие расположено ближе к устью, чем второе отверстие, первое отверстие имеет первое соединение (109) с первой частью (110) трубчатой линии (104), и второе отверстие имеет второе соединение (111) со второй частью (112) трубчатой линии,

причем первый элемент имеет первое состояние, в котором гидравлическое сообщение открыто, и второе состояние, в котором гидравлическое сообщение перекрыто.

15. Скважинная система, включающая скважинную трубчатую металлическую конструкцию (3), имеющую внутреннюю поверхность (4), внешнюю поверхность (64), скважинную расширяемую трубу (1) по любому из предшествующих пунктов 1-12, соединенную с внутренней поверхностью, и скважинный закрывающий блок (1), расположенный на внешней поверхности для постоянной герметизации контрольной линии, контролирующей скважинный компонент скважинной трубчатой металлической конструкции (3) перед заглушкой и ликвидацией скважины (2), имеющей устье (51); скважинная расширяемая труба включает:

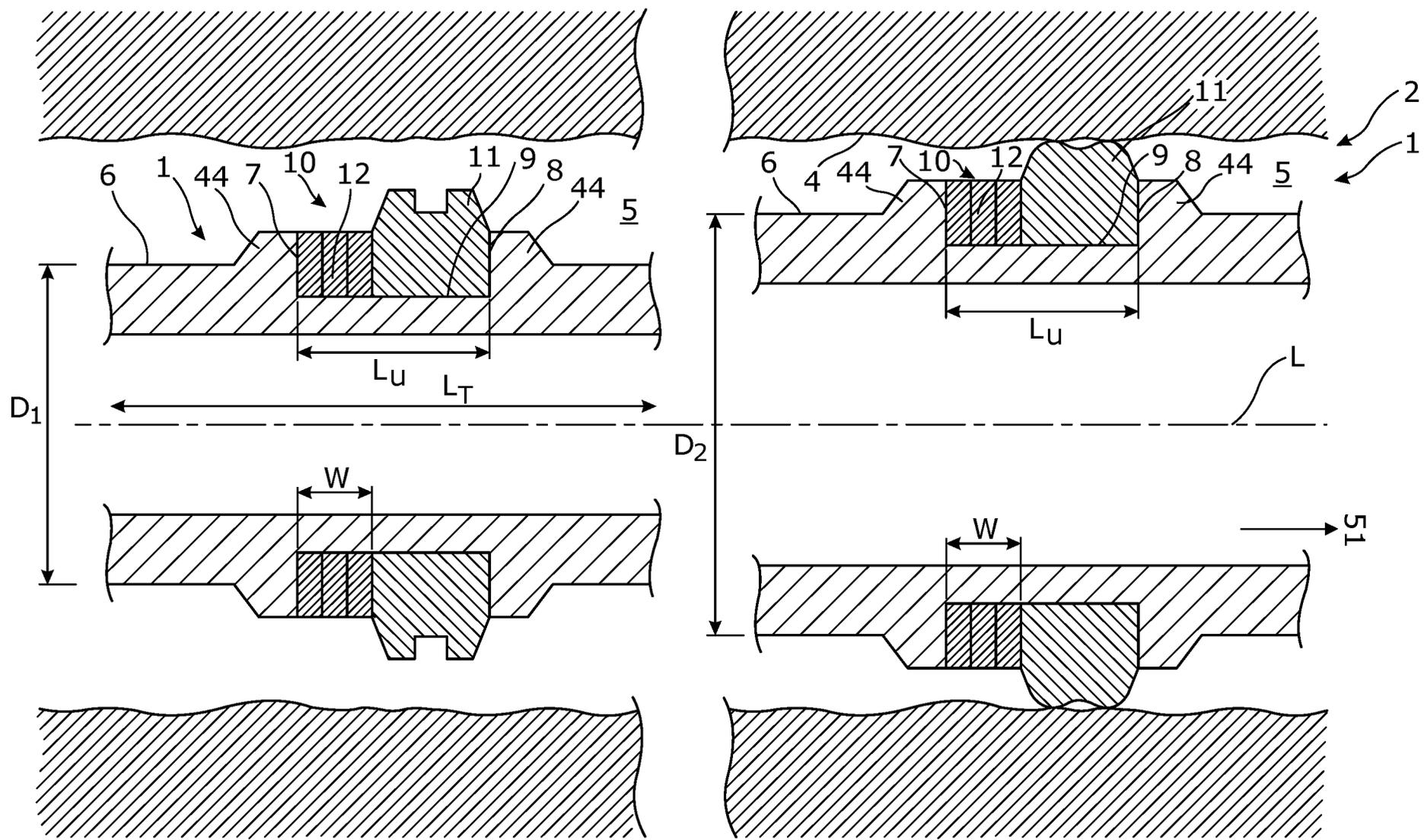
- первый элемент (105), включающий первое отверстие (106), второе отверстие (107) и гидравлическое сообщение (108) между первым отверстием и вторым отверстием; первое отверстие расположено ближе к устью, чем второе отверстие, первое отверстие имеет первое соединение (109) с первой частью (110) трубчатой линии (104), и второе отверстие имеет второе соединение (111) со второй частью (112) трубчатой линии,

причем первый элемент имеет первое состояние, в котором гидравлическое сообщение открыто, и второе состояние, в котором гидравлическое сообщение перекрыто.

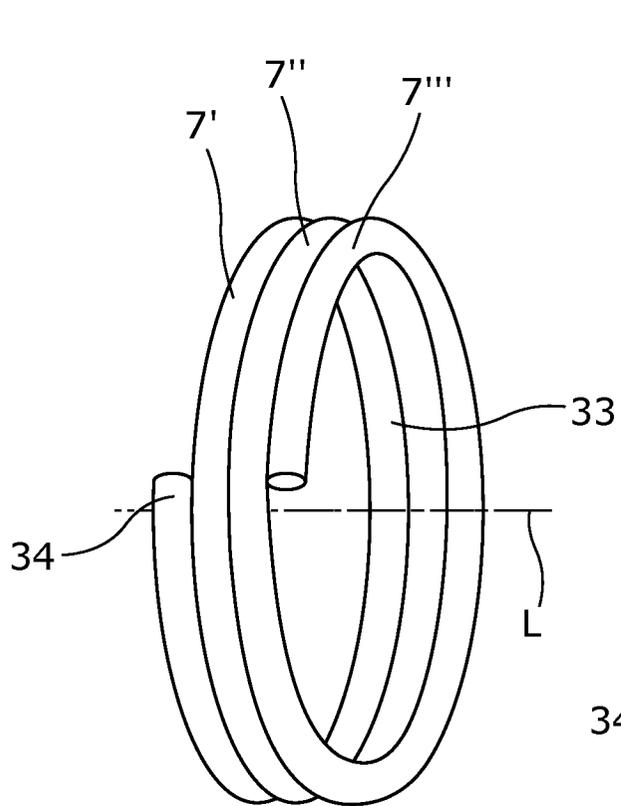
16. Скважинная система, включающая скважинную трубчатую металлическую конструкцию (3), имеющую внутреннюю поверхность (4), внешнюю поверхность (64) и затрубный барьер по пп. 14 или 15.

17. Способ постоянного перекрытия гидравлического сообщения в скважинном закрывающем блоке для постоянной герметизации контрольной линии перед заглушкой и ликвидацией скважины, который включает:

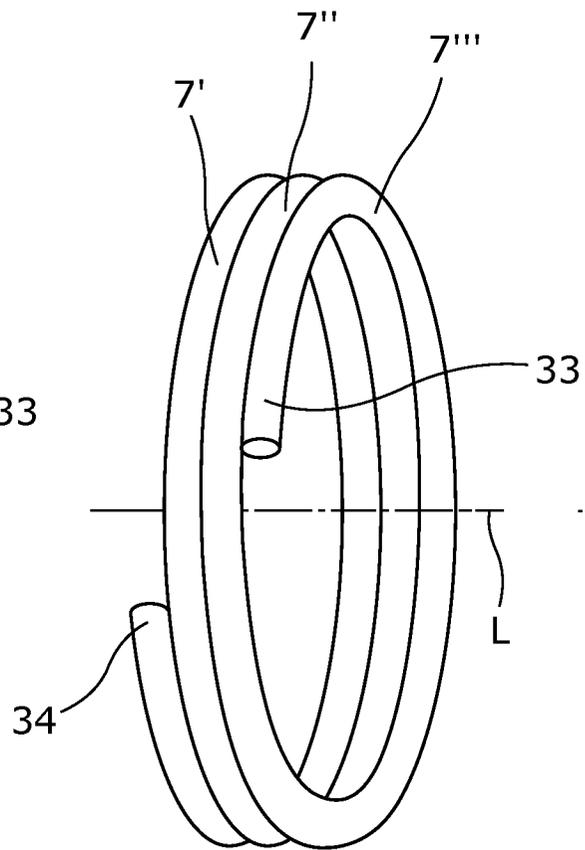
- вставку скважинной трубчатой металлической конструкции (3), имеющей компонент заканчивания и затрубный барьер по п. 14, включающий скважинный закрывающий блок и контрольную линию, в трубчатую линию (104) для эксплуатации компонента заканчивания,
- нагревание первого элемента скважинного закрывающего блока в кольцевом пространстве затрубного барьера таким образом, чтобы материал первого элемента по меньшей мере частично менял состояние на более разжиженное или поддающееся формованию состояние, и
- расширение материала первого элемента во время затвердевания материала первого элемента и, таким образом, перекрытие гидравлического сообщения между первым отверстием и вторым отверстием.



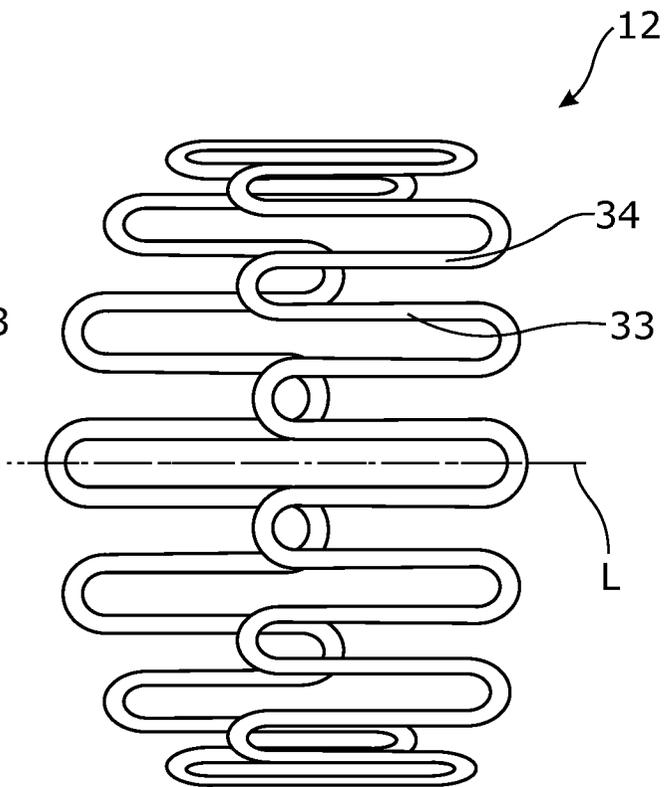
Фиг. 1



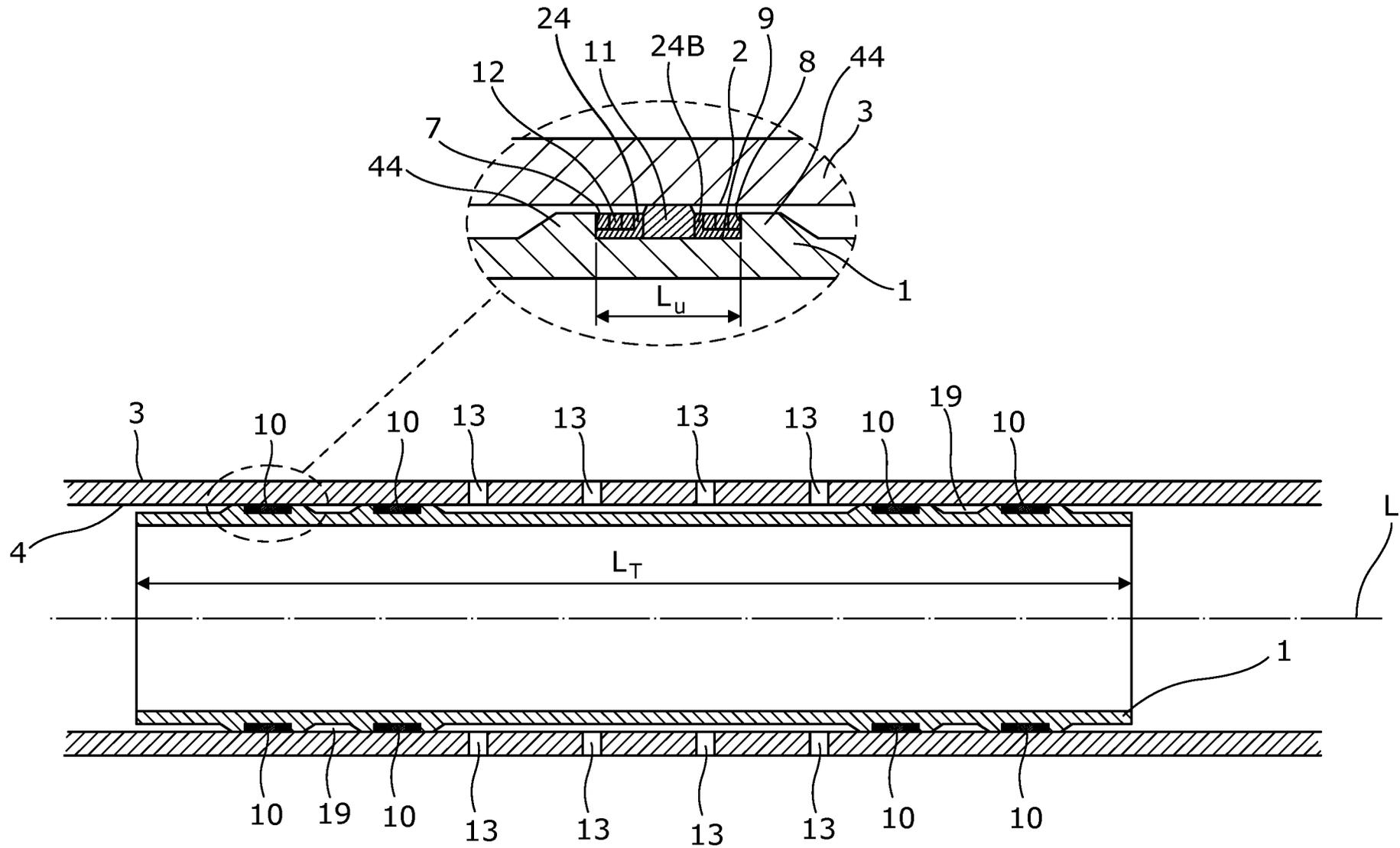
Фиг. 2А



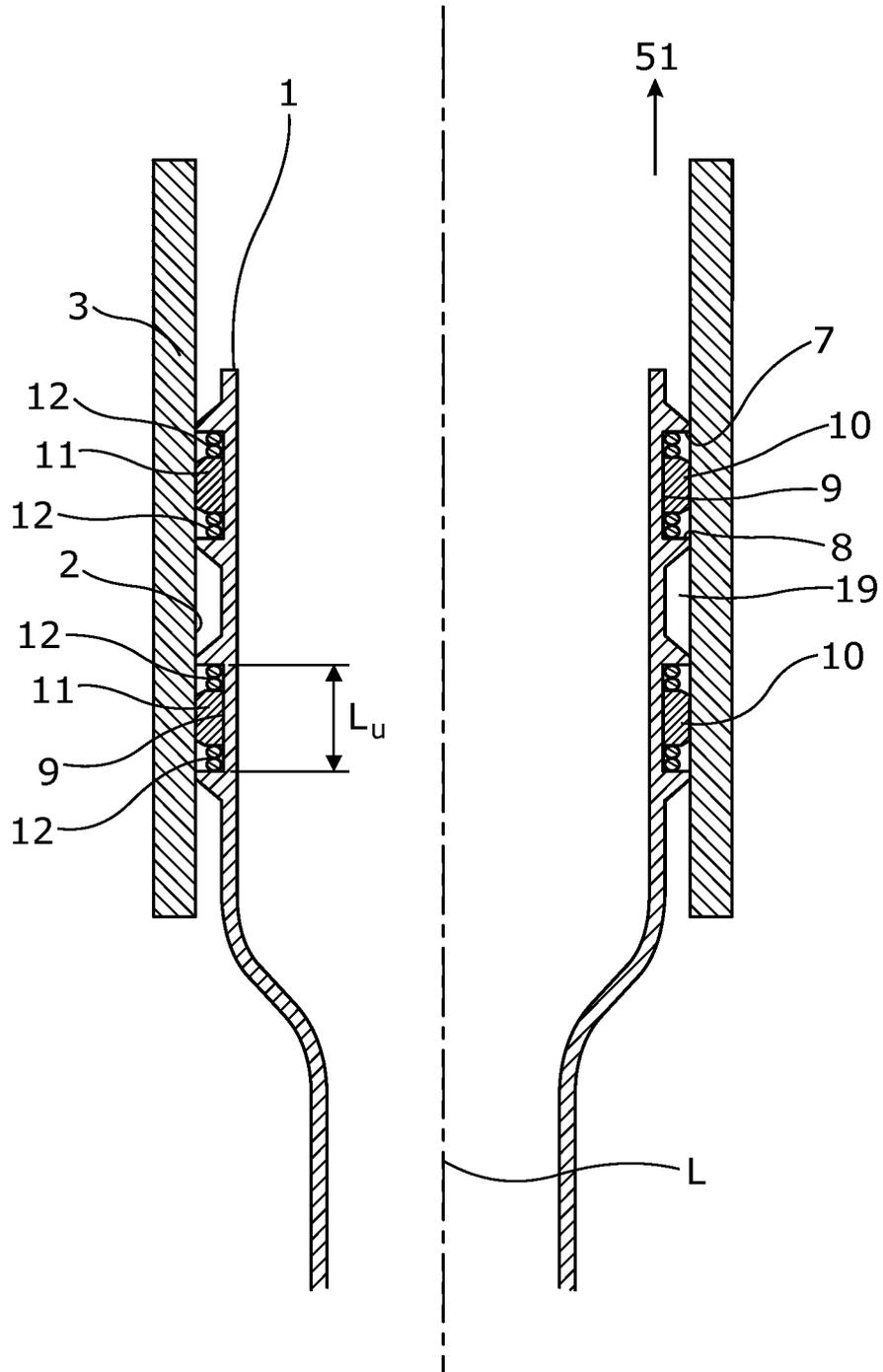
Фиг. 2В



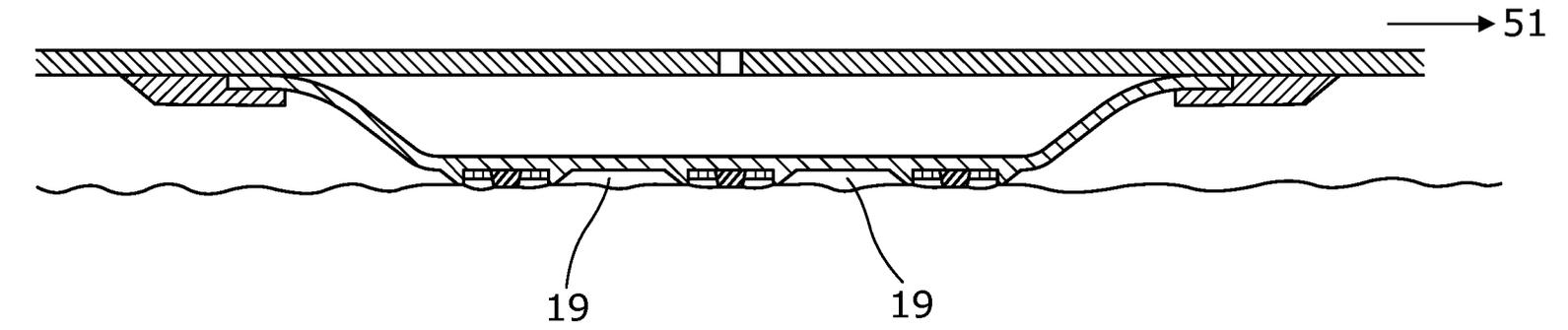
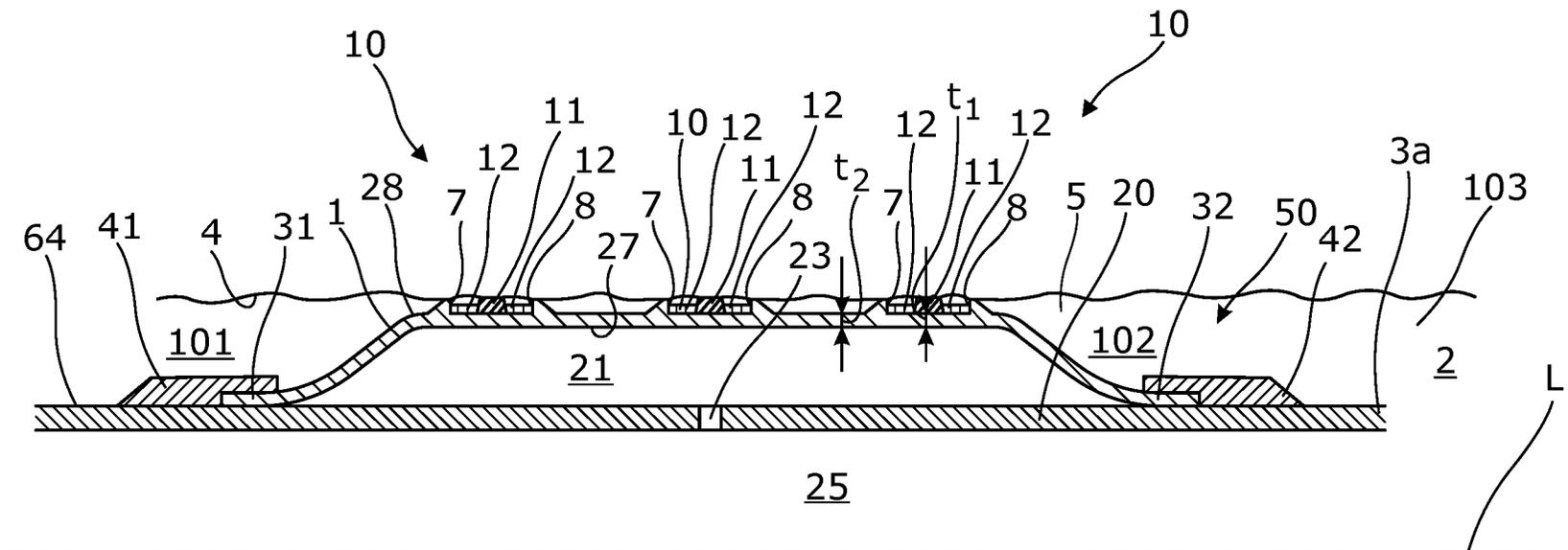
Фиг. 2С



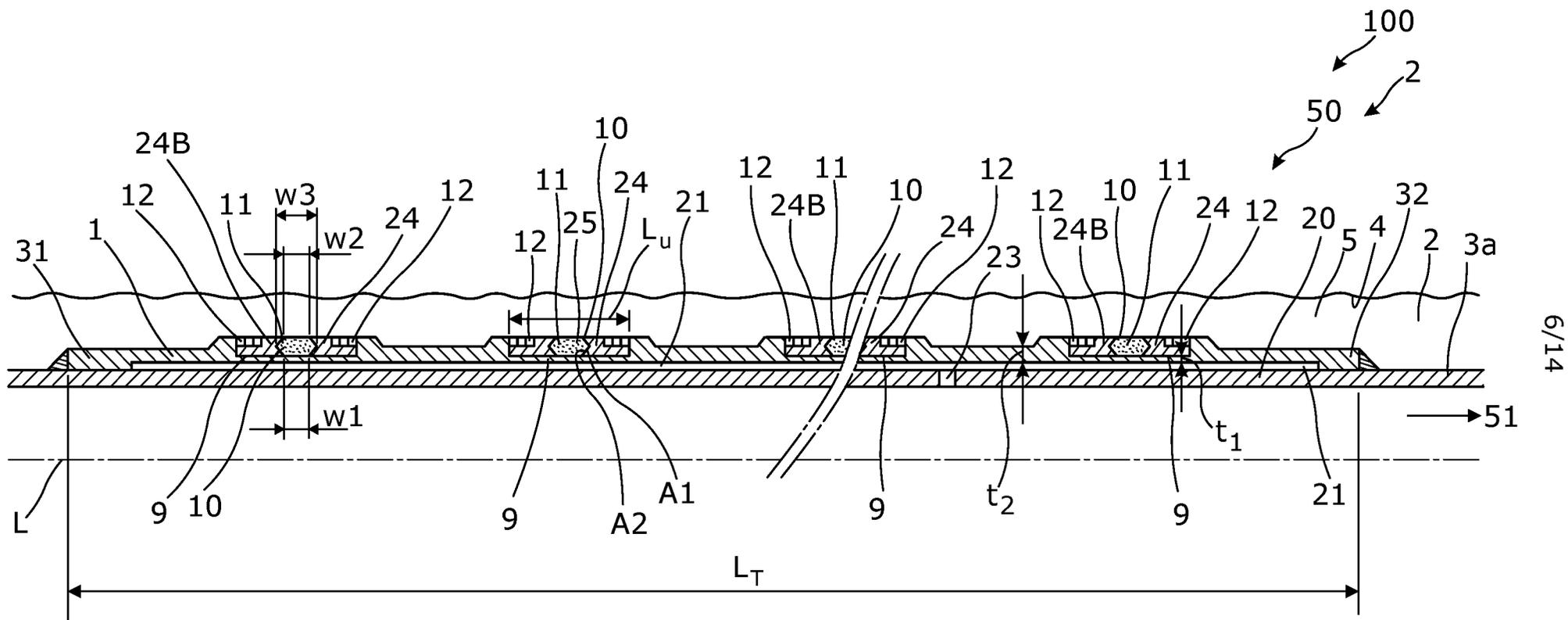
Фиг. 3



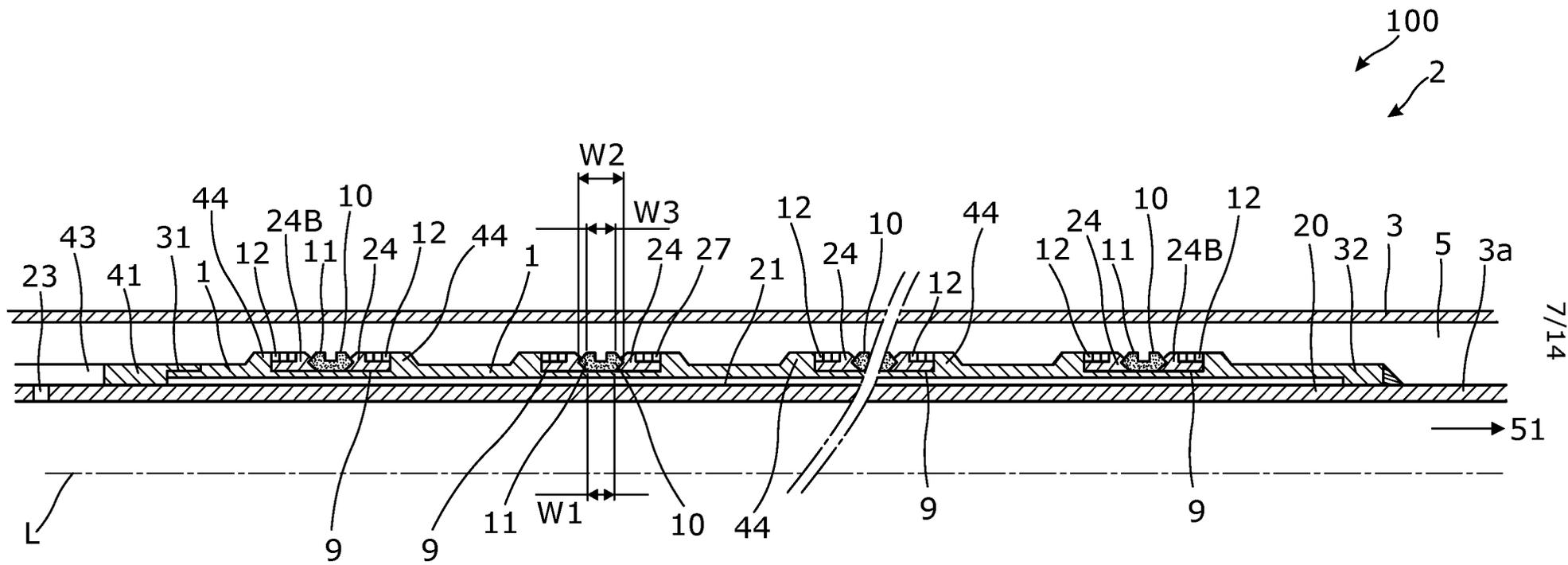
Фиг. 4



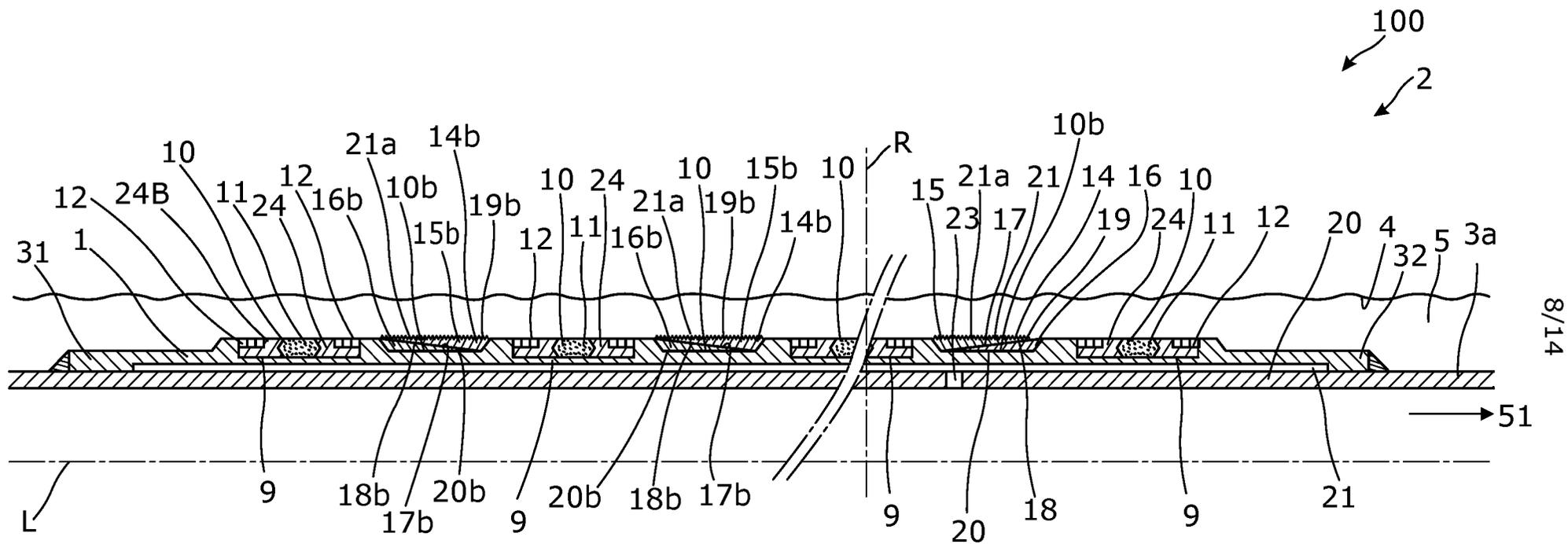
Фиг. 5



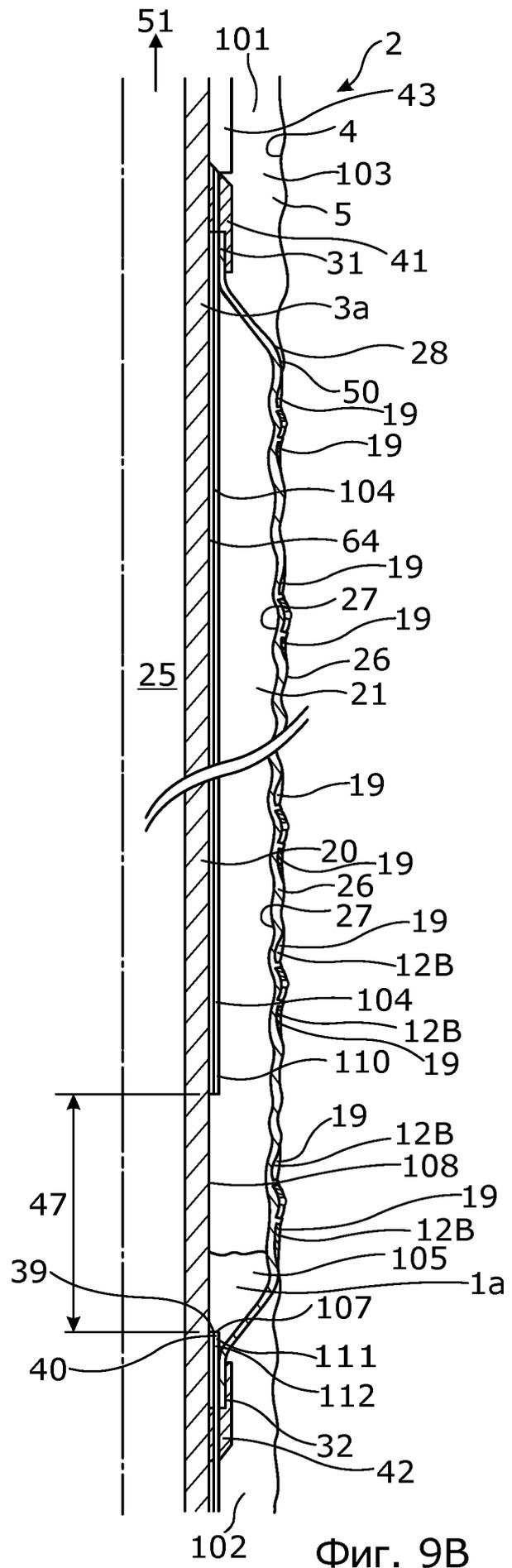
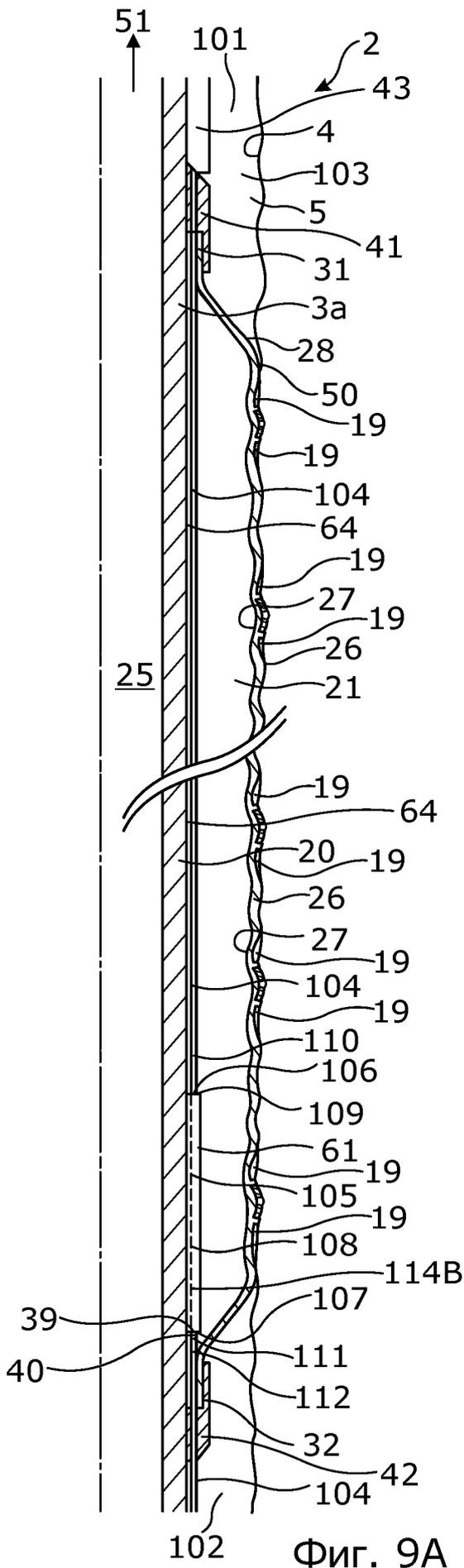
Фиг. 6

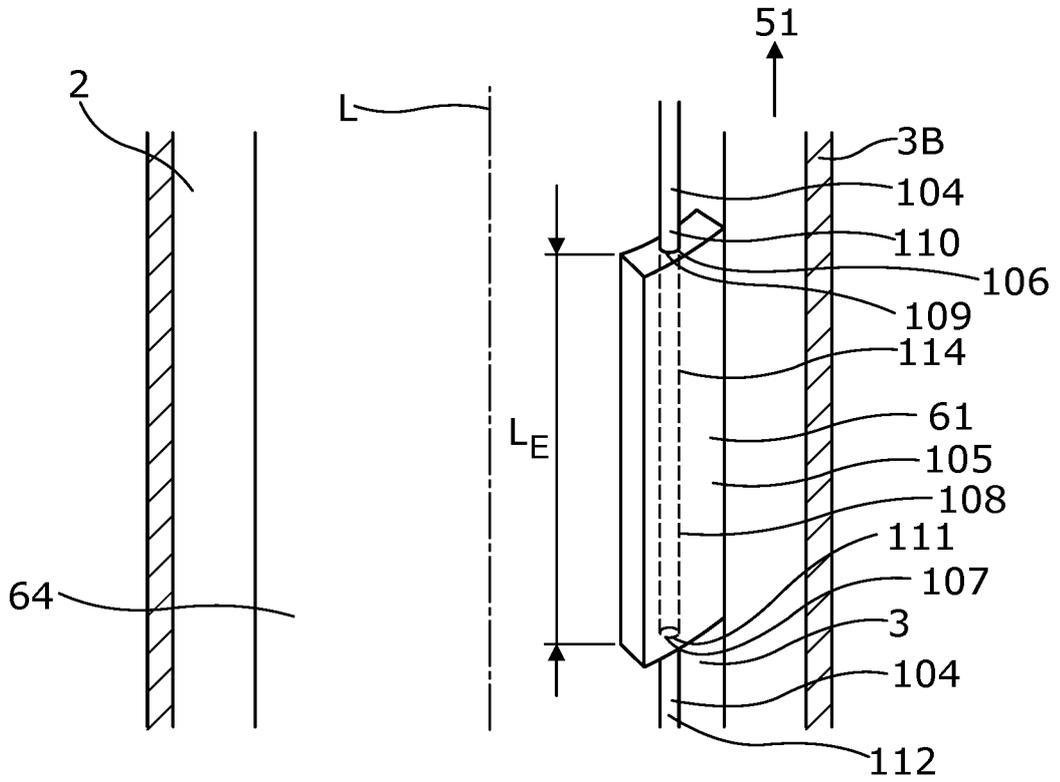


Фиг. 7

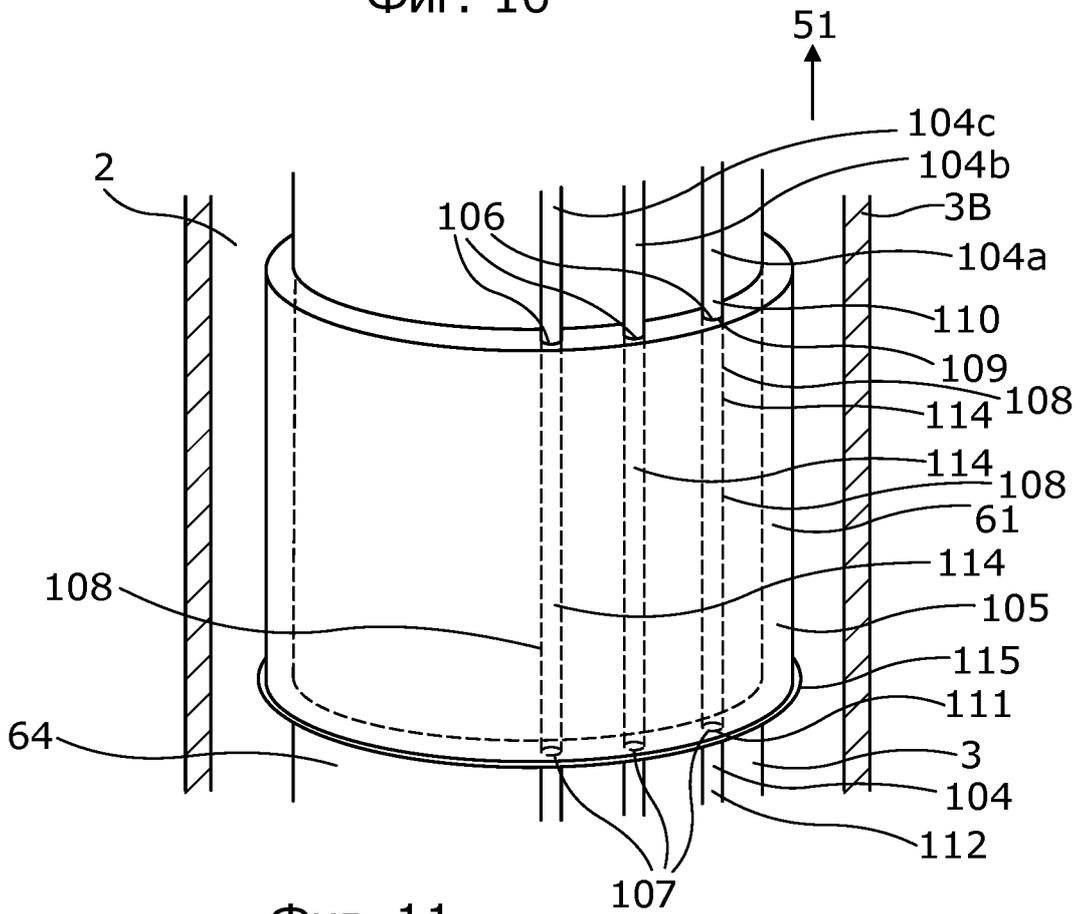


Фиг. 8

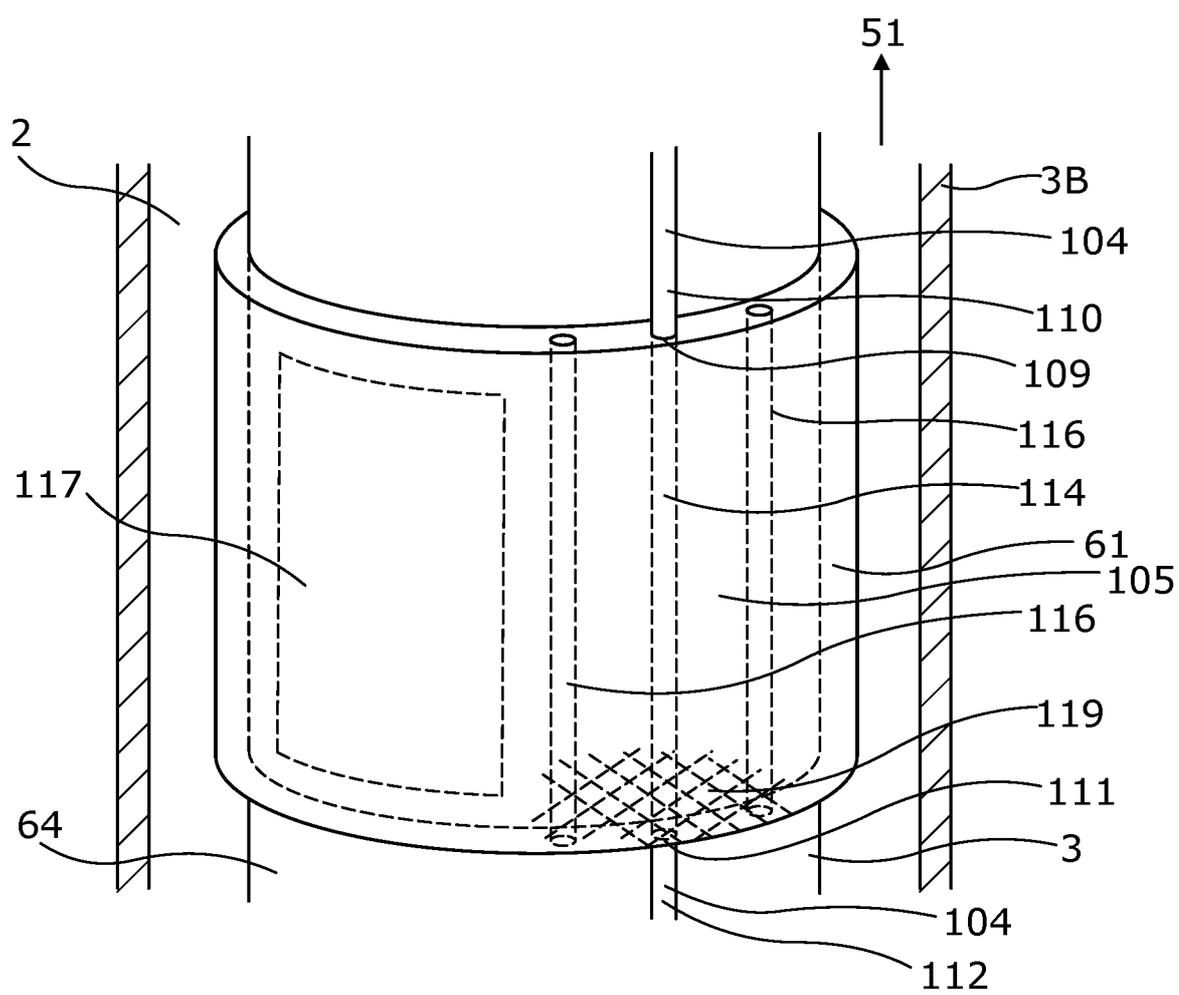




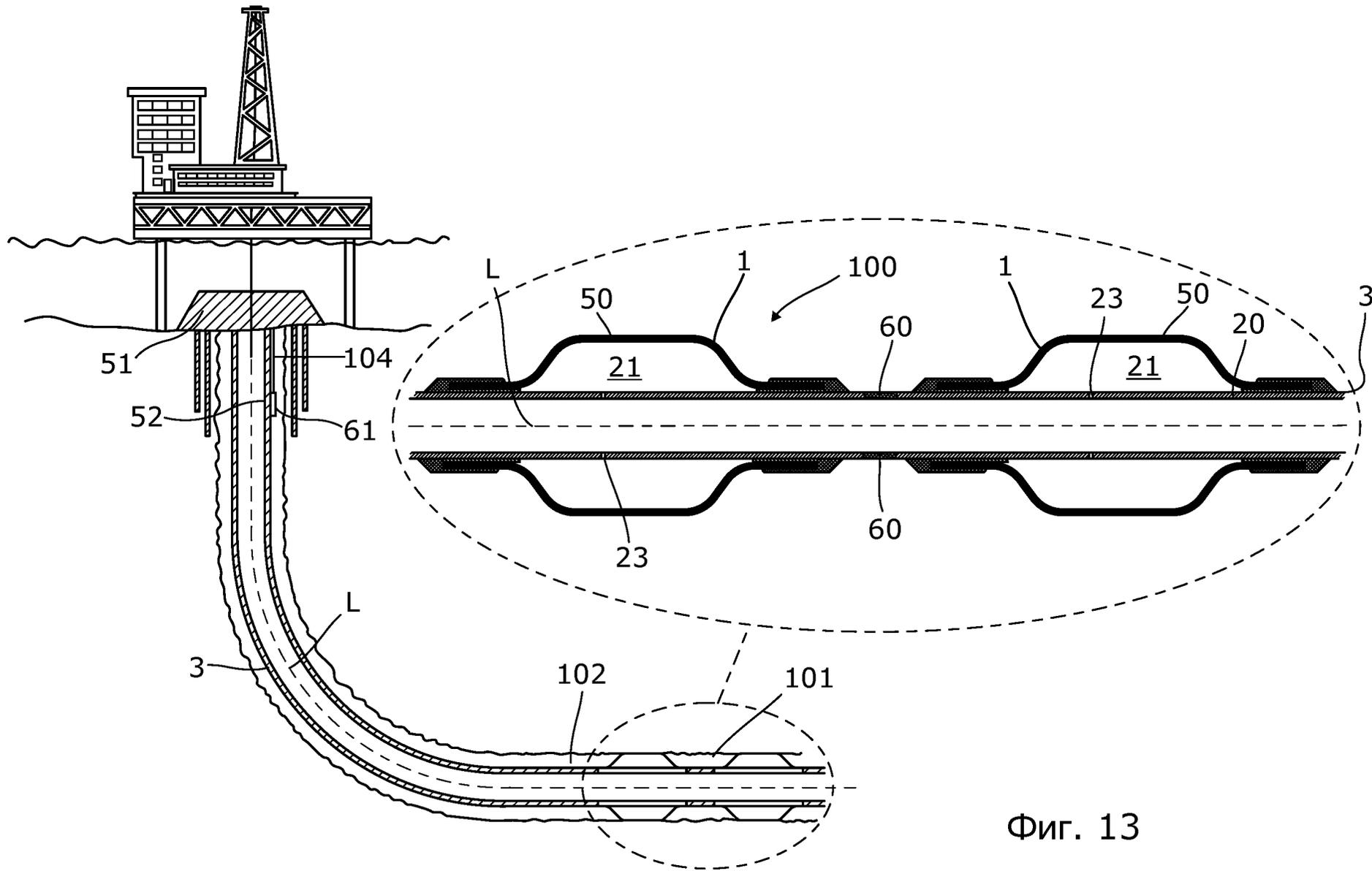
Фиг. 10



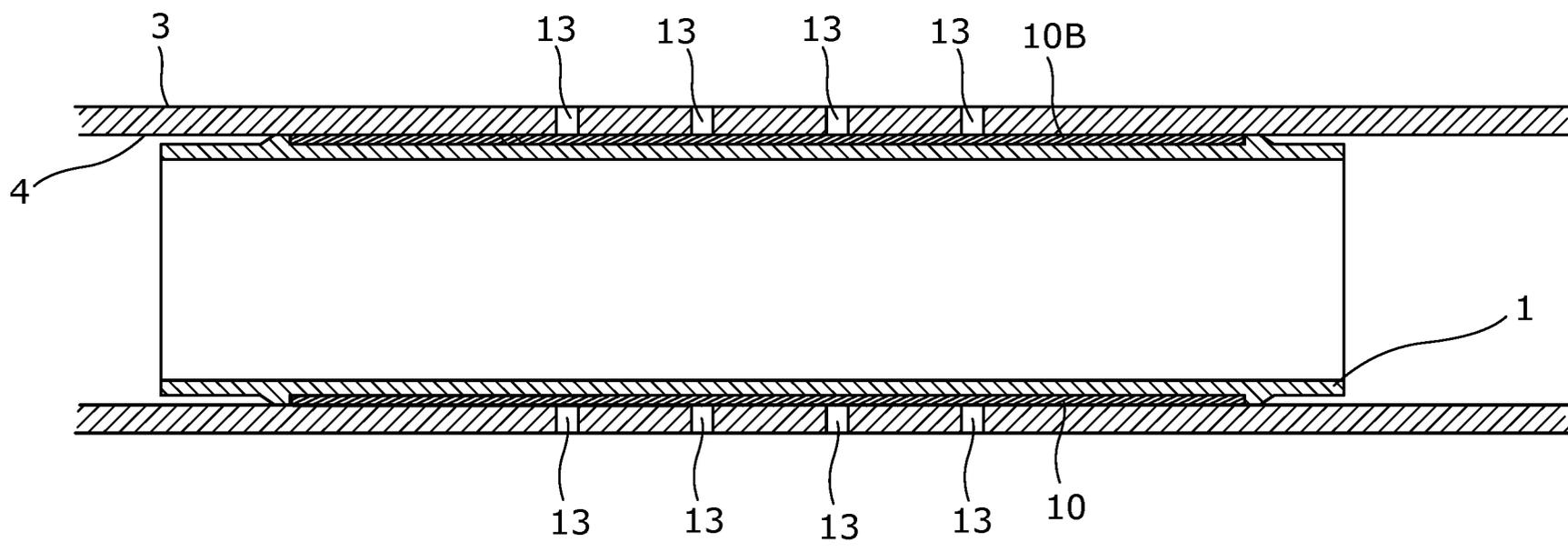
Фиг. 11



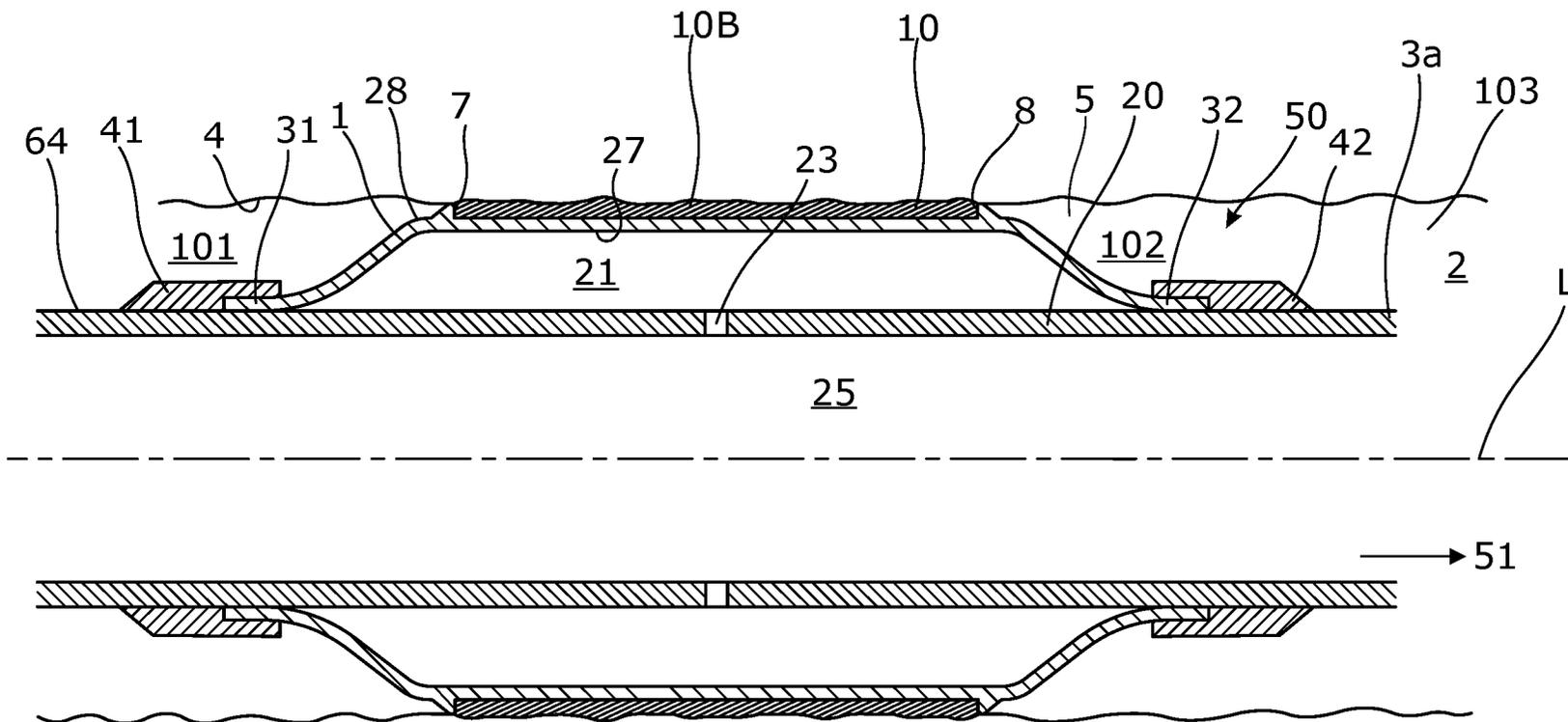
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15