

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046039**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.02.01

(51) Int. Cl. *E21B 17/042* (2006.01)

(21) Номер заявки
202392768

(22) Дата подачи заявки
2022.05.19

(54) **САМОБЛОКИРУЮЩЕЕСЯ РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЧАСТИЧНО В
НЕБЛОКИРУЮЩЕМСЯ ЗАЦЕПЛЕНИИ**

(31) **21178068.9**

(56) WO-A1-2019076622
US-A1-2016186899
DE-C1-4345119

(32) **2021.06.07**

(33) **EP**

(43) **2023.11.29**

(86) **PCT/EP2022/063502**

(87) **WO 2022/258334 2022.12.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ВАЛЛУРЕК ОЙЛ ЭНД ГЕС
ФРАНС (FR); НИППОН СТИЛ
КОРПОРЕЙШН (JP)**

(72) Изобретатель:
**Дельбоско Тимоти, Отт Уэсли,
Гренджер Скотт (FR)**

(74) Представитель:
Абильманова К.С. (KZ)

(57) Резьбовое соединение, содержащее первый трубчатый компонент (1), имеющий первую часть (16) с наружной резьбой и вторую часть (17) с наружной резьбой, причем ширина впадины в первой части (16) с наружной резьбой уменьшается в направлении, ориентированном на первую основную часть (3) трубы, причем ширина впадины является постоянной во второй части (17) с наружной резьбой, второй трубчатый компонент (2), содержащий зону (10) с внутренней резьбой, имеющую первую часть (19) с внутренней резьбой с шириной впадины, уменьшающейся в направлении, ориентированном на вторую основную часть (5) трубы, причем соединение частично свинчено в самоблокирующейся компоновке для обеспечения блокирующей области (18) и неблокирующей области (20), внутренняя дистальная резьба (22) блокирующей области (18) имеет такую ширину, что $FDTW/TH \geq 125\%$, где FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы (22) блокирующей области, а TH представляет собой высоту зубца указанной внутренней дистальной резьбы (22).

046039
B1

046039
B1

Изобретение относится к самоблокирующемуся резьбовому соединению, частично находящемуся в неблокирующемся зацеплении. Одной из целей изобретения является оптимизация надежности и экономической эффективности для клиентов, осуществляющих добычу сланцевого газа, и особенно повышение целостности таких скважин, из которых добывают сланцевый газ. Соединение согласно изобретению способно выдерживать высокие растягивающие и сжимающие нагрузки, а также высокие крутящие моменты. Таким образом, в изобретении предложено резьбовое соединение, например, для обсадных колонн, способное выдерживать программу жестких испытаний с комбинированными нагрузками, такими как растяжение и сжатие, внутреннее и внешнее давление и изгиб.

Конструкция по настоящему изобретению особенно подходит для промежуточной обсадной колонны и особенно для обсадной колонны, используемой для гидроразрыва.

Соединительная компоновка обычно содержит две трубы, которые соединены посредством соединительной муфты. Каждая труба представляет собой трубчатый компонент, который содержит основную часть трубы с охватываемым элементом, также называемым ниппелем, на обоих концах указанной основной части трубы. Соединительная муфта также представляет собой трубчатый компонент, но указанная соединительная муфта содержит охватывающий элемент, также называемый муфтой, на обоих концах. Охватываемые и охватывающие элементы обеспечены соответствующей резьбовой зоной.

Известным способом принято соединять охватываемые и охватывающие элементы путем свинчивания зоны с наружной резьбой с зоной с внутренней резьбой, причем этот узел определяет соединение. Следовательно, множество труб можно соединять с использованием множества соединительных муфт с образованием колонны трубчатых компонентов.

Такую колонну трубчатых компонентов можно использовать в нефтяной или газовой скважине. Составленная таким образом колонна трубчатых компонентов также может вращаться при бурении с обсадной колонной скважины. По этой причине компоненты должны быть изготовлены вместе с высоким крутящим моментом, чтобы иметь возможность передавать вращающий момент, достаточный для обеспечения продвижения колонны в скважину, а также для предотвращения ее разрыва. Когда колонне придается вращательное движение для продвижения в скважине, вращательное движение постепенно передается от основных частей труб с наибольшим диаметром на меньшие основные части колонны, которые находятся в самом глубоком местоположении.

Для традиционных изделий крутящий момент свинчивания обычно достигается за счет совместной затяжки опорных поверхностей, обеспеченных на свободном конце основных частей труб, для прилегания в положении свинчивания к соответствующей поверхности заплечика в соединительной муфте. Однако, поскольку протяженность опорных поверхностей составляет долю толщины труб, критическое пороговое значение текучести опорных поверхностей быстро достигается при приложении слишком большого крутящего момента свинчивания, особенно когда это касается основных частей труб малого диаметра.

Обычно резьба зоны с наружной резьбой имеет вершину ниппельной резьбы, впадину ниппельной резьбы, опорную сторону наружной резьбы и закладную сторону наружной резьбы. Резьба зоны с внутренней резьбой имеет вершину внутренней резьбы, впадину внутренней резьбы, опорную сторону внутренней резьбы и закладную сторону внутренней резьбы.

В клиновой компоновке ширина вершин резьбы постепенно увеличивается для резьбы охватываемого элемента или охватывающего элемента соответственно с увеличением расстояния от охватываемого осевого свободного конца или охватывающего осевого свободного конца соответственно. В такой клиновой компоновке ширина впадин резьбы постепенно уменьшается для резьбы охватываемого элемента или охватывающего элемента соответственно с увеличением расстояния от охватываемого осевого свободного конца или охватывающего осевого свободного конца соответственно.

Клиновая резьба характеризуется коэффициентом клина, который представляет собой ненулевую разность между шагом опорной стороны, LFL, и шагом закладной стороны, SFL, причем шаг опорной стороны, LFL, либо строго больше, либо строго меньше, чем шаг закладной стороны, SFL, а разность рассчитывают с помощью соответствующих значений шага. В блокирующихся клиновых резьбах LFL как охватываемого элемента, так и охватывающего элемента равны, и соответственно SFL как охватываемого элемента, так и охватывающего элемента также равны. Таким образом, клиновые соотношения одинаковы как для охватываемого элемента, так и охватывающего элемента. Во время свинчивания наружная и внутренняя резьбы соединяются блокировкой друг с другом в прогнозируемом положении, соответствующем точке блокировки.

Точнее, блокировка происходит в случае самоблокирующейся резьбы, когда как закладные стороны, так и опорные стороны наружных резьб блокируются соответственно с закладными сторонами и опорными сторонами соответствующей внутренней резьбы. По этой причине крутящий момент свинчивания принимается всеми контактными поверхностями между этими сторонами, т. е. общей площадью поверхности, которая значительно больше, чем площадь поверхности, образуемая опорными поверхностями.

В документе WO2019/076622 A1 описано резьбовое соединение, частично находящееся в самоблокирующемся зацеплении.

Основной проблемой этих соединений также является обеспечение достаточных характеристик уплотнения при их размещении в надлежащем местоположении в скважине. В процессе добычи происходит воздействие флюида на соединение при сильных колебаниях внутреннего давления внутри обсадной колонны. Таким образом, соединения должны одновременно оптимизировать как крутящий момент, так и характеристики уплотнения.

Существует потребность в соединении с высоким крутящим моментом, более быстрым свинчиванием, более экономичным в изготовлении и с меньшим риском повреждения при обращении. Эти потребности сочетаются с потребностью в соединении, имеющем надлежащую эффективность, например, приблизительно или более 100% основной части трубы. Существует очень специфическая потребность в решении, способном выдерживать такие требования к растяжению и крутящему моменту, например, в случае специфических требований для сланца, таких как усталость при циклическом нагружении из-за вращения колонны во время установки обсадной колонны в боковой секции скважин и последующего воздействия высокого внутреннего давления, изгиба и высокой температуры в процессе гидроразрыва. Были выполнены программы жестких испытаний, включая испытания на герметичность в воде и/или газе, а также в условиях изгиба.

По этой причине цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить соединение с высоким крутящим моментом, более быстрым свинчиванием, простое в изготовлении и с низким риском повреждения при обращении. Цель настоящего изобретения также состоит в том, чтобы предложить такое соединение с хорошей эффективностью, например, приблизительно или более 100% основной части трубы.

Более конкретно, в настоящем изобретении предложено резьбовое соединение, содержащее первый трубчатый компонент и второй трубчатый компонент, причем первый трубчатый компонент содержит первую основную часть трубы, зону с наружной резьбой и охватываемую концевую поверхность, зона с наружной резьбой расположена вдоль продольной оси (X) резьбового соединения между первой основной частью трубы и охватываемой концевой поверхностью, указанная зона с наружной резьбой содержит первую часть с наружной резьбой и вторую часть с наружной резьбой, вторая часть с наружной резьбой расположена вдоль продольной оси (X) между первой частью с наружной резьбой и первой основной частью трубы, первая часть с наружной резьбой имеет резьбу с первой шириной впадины наружной резьбы и вторая часть с наружной резьбой имеет резьбу со второй шириной впадины наружной резьбы, первая ширина впадины наружной резьбы уменьшается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности к первой основной части трубы, вторая ширина впадины наружной резьбы является постоянной вдоль второй части с наружной резьбой, причем второй трубчатый компонент содержит вторую основную часть трубы, зону с внутренней резьбой и охватывающую концевую поверхность, зона с внутренней резьбой расположена вдоль продольной оси (X) между второй основной частью трубы и охватывающей концевой поверхностью, указанная зона с внутренней резьбой содержит первую часть с внутренней резьбой и вторую часть с внутренней резьбой, первая часть с внутренней резьбой имеет резьбу с первой шириной впадины внутренней резьбы и вторая часть с внутренней резьбой имеет резьбу со второй шириной впадины внутренней резьбы, первая ширина впадины внутренней резьбы уменьшается в направлении, ориентированном от охватывающей концевой поверхности ко второй основной части трубы, зубец зоны с внутренней резьбой, расположенный ближе всего к охватывающей концевой поверхности, имеет наибольшую ширину впадины внутренней резьбы зоны с внутренней резьбой,

при этом зона с наружной резьбой и зона с внутренней резьбой частично свинчены в самоблокирующейся компоновке для обеспечения блокирующейся области и неблокирующейся области в резьбовом соединении, причем блокирующаяся область образована в свинченном состоянии резьбового соединения путем взаимодействия первой части с наружной резьбой и первой части с внутренней резьбой, причем неблокирующаяся область образована в свинченном состоянии резьбового соединения путем взаимодействия второй части с наружной резьбой и зоны с внутренней резьбой,

и при этом внутренняя дистальная резьба блокирующейся области имеет такую ширину, что

$$FDTW/TH \geq 125\%,$$

где FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы блокирующейся области, а TH представляет собой высоту зубца указанной внутренней дистальной резьбы.

Резьбовое соединение в соответствии с вышеописанными признаками обеспечивает соединение полупремью-класса, например, предназначенное для применения в сланцевых месторождениях, с самоблокирующейся резьбой, таким образом, что блокирующаяся резьба обеспечивает уплотнение, достаточное для герметизации жидкости и преимущественно также газа, но и достаточное для обеспечения достаточного крутящего момента. Резьбовое соединение в соответствии с этими признаками обеспечивает высокую эффективность при растяжении и сжатии без заплечика и уплотнения с металлическим контактом. При этом такое резьбовое соединение легко изготовить, и оно имеет невысокую стоимость. В частности, резьбовое соединение в соответствии с этими признаками может обеспечивать эффективность при растяжении и сжатии, равную 100% по эффективности резьбовых и спаренных соединений, с учетом

более высоких номинальных крутящих моментов.

Благодаря блокирующей области резьбовое соединение имеет резьбовое уплотнение и не требует специальной части уплотнения с металлическим контактом, что сводит к минимуму потери при свинчивании. Другими словами, такое соединение, обладающее уплотнительными свойствами благодаря блокирующей области, не требует специальной осевой секции как охватываемого, так и охватывающего элементов для обеспечения уплотнительных свойств резьбового соединения, поэтому основная часть трубы трубчатых элементов может быть длиннее с этим соединением, чем с соединением, использующим специальные осевые секции для обеспечения уплотнительных свойств.

Кроме того, отношение между шириной зубцов внутренней дистальной резьбы блокирующей области, которая представляет собой резьбу первой охватывающей части, которая является ближайшей к охватывающей концевой поверхности в блокирующей области, и высотой зубца указанной внутренней дистальной резьбы допускает ширину зубцов для резьбы вблизи охватывающей концевой поверхности, достаточно большую, чтобы избежать среза указанных зубцов внутренней резьбы вблизи охватывающей концевой поверхности, поскольку резьба со слишком узкими зубцами может поставить соединение под угрозу.

Такое резьбовое соединение может содержать один или более приведенных ниже признаков, по отдельности или в комбинации.

Согласно одному варианту осуществления зона с наружной резьбой содержит множество резьб. Согласно одному варианту осуществления зона с внутренней резьбой содержит множество резьб, причем указанное множество резьб содержит внутреннюю дистальную резьбу блокирующей области. Согласно одному варианту осуществления каждая резьба содержит впадину резьбы, опорную сторону резьбы, вершину резьбы и закладную сторону резьбы, причем закладная сторона резьбы ориентирована вдоль продольной оси к соответствующей концевой поверхности, а опорная сторона резьбы ориентирована вдоль продольной оси от указанной соответствующей концевой поверхности. Ширина зубцов определяется вдоль оси конуса соответствующей резьбовой зоны между закладной стороной резьбы и опорной стороной резьбы, например, на вершине резьбы. Ширина впадины определяется вдоль оси конуса соответствующей резьбовой зоны между закладной стороной резьбы и опорной стороной резьбы смежных резьб.

Согласно одному варианту осуществления ширина вершин резьбы первой части с наружной резьбой увеличивается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности к первой основной части трубы, причем ширина вершин резьбы второй части с наружной резьбой является постоянной, указанная ширина вершин резьбы второй части с наружной резьбой представляет собой минимальную ширину вершины зоны с наружной резьбой, наружная резьба, ближайшая к первой основной части трубы, представляет собой минимальное значение ширины вершины зоны с наружной резьбой.

Согласно одному варианту осуществления ширина вершин резьбы первой части с внутренней резьбой увеличивается в направлении, ориентированном от охватывающей концевой поверхности ко второй основной части трубы, причем ширина вершин резьбы второй части с внутренней резьбой представляет собой максимальную ширину вершины зоны с внутренней резьбой, внутренняя резьба, ближайшая ко второй основной части трубы, представляет собой минимальное значение ширины вершины зоны с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления внутренняя дистальная резьба блокирующей области имеет такую ширину, что

$$FDTW/WT_{\max} \geq 15\%,$$

где FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы блокирующей области, а WT_{\max} представляет собой максимальную радиальную толщину первого трубчатого элемента.

Согласно одному варианту осуществления зоны с наружной и внутренней резьбой имеют образующую конусности, которая образует угол конусности (θ_T) с продольной осью (X) резьбового соединения. Согласно одному варианту осуществления проксимальная резьба зоны с наружной резьбой, ближайшей к первой основной части трубы, имеет проксимальную впадину резьбы, проксимальную опорную сторону, проксимальную вершину и проксимальную закладную сторону, причем ширина проксимальной впадины резьбы является такой, что:

$$PRTW \geq \left(\frac{FDTW}{\cos \theta_T} + \frac{TH}{\tan(90 - \theta_{SF} + \theta_T)} + \frac{TH}{\tan(90 - \theta_{LF} - \theta_T)} \right) \cdot \cos \theta_T,$$

где PRTW представляет собой ширину проксимальной впадины резьбы, FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы в блокирующей области, TH представляет собой высоту зубца указанной дистальной внутренней резьбы, θ_T представляет собой конусность зоны с наружной резьбой, θ_{SF} представляет собой угол проксимальной закладной стороны, и θ_{LF} представляет собой угол проксимальной опорной стороны.

Благодаря этим признакам при операциях свинчивания резьбового соединения отсутствует перекрытие между проксимальной впадиной наружной резьбы и внутренней дистальной резьбой блокирующей области.

шейся области.

Согласно одному варианту осуществления конусность зон с наружной и/или внутренней резьбой, соответствующая $2 \times \tan(\text{угол конусности})$, находится в диапазоне от 1/6 до 1/18 и предпочтительно выбирается в диапазоне от 1/6 до 1/10 и еще более предпочтительно приблизительно 1/8. Согласно одному варианту осуществления вершины и впадины наружной и внутренней резьб резьбовых зон параллельны образующей конусности в блокирующей области. Согласно одному варианту осуществления вершины и впадины наружной и внутренней резьб резьбовых зон параллельны образующей конусности в неблокирующей области.

Согласно одному варианту осуществления диаметр зоны с наружной резьбой является таким, что:

$$OD_{pb} < MTZD < ID_{pb} + 15\%W_{pbt}$$

где OD_{pb} представляет собой наружный диаметр первой основной части трубы, $MTZD$ представляет собой диаметр зоны с наружной резьбой, ID_{pb} представляет собой внутренний диаметр первой основной части трубы и W_{pbt} представляет собой толщину стенки первой основной части трубы.

Благодаря этим признакам блокирующаяся область может быть максимально увеличена, обеспечивая важную поверхность для взаимодействия в резьбовом соединении между зоной с наружной резьбой и зоной с внутренней резьбой в блокирующей области. Такая максимально увеличенная блокирующаяся область обеспечивает максимально усиленное уплотнение и несущие крутящий момент резьбы, а также обеспечивает охватываемый элемент с большими выступами, особенно вблизи охватываемой концевой поверхности, что дополнительно улучшает уплотнительные свойства резьбового соединения.

Согласно одному варианту осуществления разность между шагом закладной стороны наружной резьбы и шагом опорной стороны наружной резьбы в блокирующей области является такой, что:

$$LD > SFL \cdot \sin^2(\theta_T) \cdot (\cot(\theta_T) + \tan(\theta_{SF})) \cdot (\tan(\theta_{SF} - \theta_T) + \tan(\theta_{LF} + \theta_T))$$

где LD представляет собой разность между шагом закладной стороны наружной резьбы и шагом опорной стороны наружной резьбы, SFL представляет собой шаг закладной стороны наружной резьбы, θ_T представляет собой конусность зоны с наружной резьбой, θ_{SF} представляет собой угол закладной стороны наружных резьб и θ_{LF} представляет собой угол опорной стороны наружных резьб.

Согласно одному варианту осуществления разность между шагом закладной стороны внутренней резьбы и шагом опорной стороны внутренней резьбы в блокирующей области равна разности между шагом закладной стороны наружной резьбы и шагом опорной стороны наружной резьбы. Другими словами, указанная разность между шагами закладных сторон внутренней резьбы соответствует вышеупомянутым правилам, касающимся разности между шагами закладных сторон наружной резьбы.

Эти признаки позволяют избежать преждевременного блокирования сторон во время свинчивания, причем контакт между сторонами в блокирующей области соединения возникает в конце операций завинчивания между зоной с наружной резьбой и зоной с внутренней резьбой, т. е. в конце операций по свинчиванию.

Согласно одному варианту осуществления первая часть с внутренней резьбой расположена между второй частью с внутренней резьбой и второй основной частью трубы вдоль продольной оси резьбового соединения.

Согласно одному варианту осуществления вторая ширина впадины внутренней резьбы уменьшается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности ко второй основной части трубы. Предпочтительно коэффициент клина в первой части с внутренней резьбой и второй части с внутренней резьбой является одинаковым. Благодаря этим признакам первая часть с внутренней резьбой и вторая часть с внутренней резьбой могут быть легко изготовлены с использованием единого непрерывного производственного процесса для обеих частей с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления вторая ширина впадины внутренней резьбы является постоянной вдоль второй части с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления первая часть с внутренней резьбой расположена между второй частью с внутренней резьбой и охватываемой концевой поверхностью вдоль продольной оси резьбового соединения.

Согласно одному варианту осуществления зона с наружной резьбой содержит одну непрерывную спираль таким образом, что шаг закладных сторон наружной резьбы изменяется в одном месте изменения закладных сторон наружной резьбы в зоне с наружной резьбой. Предпочтительно зона с внутренней резьбой содержит одну непрерывную спираль таким образом, что шаг закладных сторон внутренней резьбы изменяется в одном месте изменения закладных сторон внутренней резьбы в зоне с внутренней резьбой, причем место изменения закладных сторон наружной резьбы и место изменения закладных сторон внутренней резьбы находятся в разных местоположениях вдоль продольной оси (X) резьбового соединения таким образом, что блокирующаяся область определяется между охватываемой концевой поверхностью и ближайшей к охватываемой концевой поверхностью между местом изменения закладных сторон наружной резьбы и местом изменения закладных сторон внутренней резьбы. В этом варианте

осуществления предпочтительно шаг опорных сторон наружной резьбы остается постоянным вдоль зоны с наружной резьбой и шаг опорных сторон внутренней резьбы остается постоянным вдоль зоны с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления зона с наружной резьбой содержит одну непрерывную спираль так им образом, что шаг опорных сторон наружной резьбы изменяется в одном месте изменения опорных сторон наружной резьбы в зоне с наружной резьбой. Предпочтительно зона с внутренней резьбой содержит одну непрерывную спираль таким образом, что шаг опорных сторон внутренней резьбы изменяется в одном месте изменения опорных сторон внутренней резьбы в зоне с внутренней резьбой, причем место изменения опорных сторон наружной резьбы и место изменения опорных сторон внутренней резьбы находятся в разных местоположениях вдоль продольной оси (X) резьбового соединения таким образом, что блокирующая область определяется между охватываемой концевой поверхностью и ближайшей к охватываемой концевой поверхностью между местом изменения опорных сторон наружной резьбы и местом изменения опорных сторон внутренней резьбы. В этом варианте осуществления предпочтительно шаг закладных сторон наружной резьбы остается постоянным вдоль зоны с наружной резьбой и шаг закладных сторон внутренней резьбы остается постоянным вдоль зоны с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления неблокирующаяся область представляет собой первую неблокирующуюся область, причем блокирующаяся область расположена между указанной первой неблокирующейся областью и второй неблокирующейся областью, первая неблокирующаяся область определяется второй частью с наружной резьбой и первой частью с внутренней резьбой, вторая ширина впадины внутренней резьбы является постоянной вдоль второй части с внутренней резьбой, вторая неблокирующаяся область определяется первой частью с наружной резьбой и второй частью с внутренней резьбой, блокирующаяся область определяется первой частью с наружной резьбой и первой частью с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления первая неблокирующаяся часть или вторая неблокирующаяся часть образована путем зацепления второй части с наружной резьбой и первой части с внутренней резьбой. Согласно одному варианту осуществления первая неблокирующаяся часть или вторая неблокирующаяся часть образована путем зацепления первой части с наружной резьбой и второй части с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления впадина проксимальной внутренней резьбы, ближайшая ко второй основной части трубы, имеет ту же ширину впадины, что и впадина наружной резьбы, ближайшая к первой основной части трубы.

Согласно одному варианту осуществления резьбы второй части с наружной резьбой имеют высоту неполнопрофильной резьбы и/или зубцы исчезающей резьбы.

Согласно одному варианту осуществления зона с внутренней резьбой начинается от охватывающей концевой поверхности и/или зона с наружной резьбой начинается от охватываемой концевой поверхности.

Согласно одному варианту осуществления резьбы зоны с наружной резьбой и резьбы зоны с внутренней резьбой имеют профиль "ласточкин хвост", причем такой профиль "ласточкин хвост" предотвращает выскакивание.

Согласно одному варианту осуществления угол α опорной стороны резьбы составляет менее 5° с перпендикуляром к продольной оси (X) резьбового соединения. Согласно одному варианту осуществления угол β закладной стороны резьбы составляет менее 5° с перпендикуляром к продольной оси (X) резьбового соединения.

Согласно одному варианту осуществления как вершины наружных резьб, так и вершины внутренних резьб мешают соответствующим впадинам соответственно внутренних резьб и наружных резьб в блокирующейся области. Другими словами, вершины наружных резьб мешают впадинам внутренних резьб в блокирующейся области, и вершины внутренних резьб мешают впадинам наружных резьб в блокирующейся области. Согласно одному варианту осуществления как вершины наружных резьб, так и вершины внутренних резьб мешают соответствующим впадинам в неблокирующейся области. Согласно одному варианту осуществления перекрытие диаметров в месте пересечения впадины/вершины составляет от 0,0020 до 0,0030 номинального наружного диаметра первой основной части трубы.

Благодаря этим признакам резьбовое соединение имеет хорошие уплотнительные свойства в блокирующейся области.

Согласно одному варианту осуществления резьбовое соединение не имеет какой-либо дистальной опорной поверхности, причем охватываемая концевая поверхность расположена дальше в осевом направлении от охватывающего элемента, и соответственно охватывающая концевая поверхность расположена дальше в осевом направлении от охватываемого элемента.

Согласно одному варианту осуществления как охватываемый элемент, так и охватывающий элемент не имеют каких-либо дополнительных уплотнительных поверхностей рядом с блокирующейся областью.

Согласно одному варианту осуществления зона с наружной резьбой и зона с внутренней резьбой выполнены в виде одноходовых резьб.

Согласно одному варианту осуществления первая часть с наружной резьбой содержит по меньшей мере 90% полнопрофильных резьб, например, с учетом номинального наружного диаметра первого трубчатого компонента и предпочтительно с учетом минимального наружного диаметра указанного первого трубчатого компонента. Согласно одному варианту осуществления первая часть с внутренней резьбой содержит по меньшей мере 90% полнопрофильных резьб, например, с учетом номинального наружного диаметра второго трубчатого компонента и предпочтительно с учетом минимального наружного диаметра указанного второго трубчатого компонента.

Такие полнопрофильные резьбы имеют одинаковую высоту сторон вдоль резьбовой зоны. Благодаря этим признакам резьбовое соединение имеет достаточную полнопрофильную резьбу в блокирующей области для обеспечения надлежащей несущей эффективности соединения и герметичности.

Согласно одному варианту осуществления блокирующая область содержит по меньшей мере 90% полнопрофильных резьб. Согласно одному варианту осуществления первая часть с наружной резьбой содержит по меньшей мере 90% полнопрофильных резьб зоны с наружной резьбой. Согласно одному варианту осуществления первая часть с внутренней резьбой содержит по меньшей мере 90% полнопрофильных резьб зоны с внутренней резьбой.

Согласно одному варианту осуществления вершины и впадины наружной и внутренней резьб резьбовых зон параллельны образующей конусности в блокирующей области.

Согласно одному варианту осуществления зона с внутренней резьбой представляет собой первую зону с внутренней резьбой, а поверхность с внутренней резьбой представляет собой первую охватываемую концевую поверхность, причем второй трубчатый компонент дополнительно содержит вторую зону с внутренней резьбой и вторую концевую поверхность, причем вторая зона с внутренней резьбой расположена вдоль продольной оси между второй основной частью трубы и второй концевой поверхностью. Такая вторая зона с внутренней резьбой предназначена для взаимодействия с третьим трубчатым компонентом, причем указанный третий трубчатый компонент аналогичен первому трубчатому компоненту, а вторая зона с внутренней резьбой имеет любой из вышеупомянутых признаков для взаимодействия с указанным третьим трубчатым компонентом в свинченном состоянии, как определено выше в отношении свинченного состояния между первым трубчатым компонентом и вторым трубчатым компонентом.

Характеристики и преимущества настоящего изобретения более подробно раскрыты в следующем описании, приведенном со ссылками на прилагаемые графические материалы.

На фиг. 1 представлен вид в продольном сечении одной половины соединения, содержащего самоблокирующуюся резьбу, в соответствии с изобретением, в свинченном состоянии.

На фиг. 2 представлен вид в продольном сечении одной половины охватываемого элемента соединения, показанного на фиг. 1.

На фиг. 3 представлен вид в продольном сечении одной половины охватываемого элемента соединения, показанного на фиг. 1.

На фиг. 4 представлен схематический вид резьбового соединения, показанного на фиг. 1, показывающий детально и на отдельном радиальном виде дистальную внутреннюю резьбу в блокирующей области и проксимальную резьбу зоны с наружной резьбой во время операции свинчивания, причем указанные резьбы показаны в радиальном направлении на фиг. 4.

На фиг. 5 представлен график согласно первому варианту осуществления изобретения, показывающий изменение шагов опорных сторон и закладных сторон соответственно для охватываемого элемента и охватываемого элемента вдоль резьб охватываемого элемента и охватываемого элемента в соответствии с фиг. 1.

На фиг. 6 представлен один альтернативный вариант осуществления соединения в соответствии с изобретением.

Условно считается, что термины "наружный" или "внешний" и "внутренний" используются для определения относительного положения одного элемента относительно другого или ориентации такого элемента относительно продольной оси X резьбового соединения, причем элемент или поверхность, близкие к продольной оси X или обращенные к ней, определяются как "внутренний" или "внутренняя", а элемент или поверхность, удаленные от продольной оси X или обращенные в сторону от нее, определяются как "наружный" или "наружная". Радиальное направление определяется как перпендикулярное продольной оси X резьбового соединения.

Резьбовое соединение, показанное на фиг. 1, далее называемое соединением, содержит первый трубчатый компонент 1 и второй трубчатый компонент 2. Первый трубчатый компонент 1 и второй трубчатый компонент 2 являются частями муфтового соединения, что означает, что первый трубчатый компонент 1 содержит первую основную часть 3 трубы и охватываемые элементы 4 на обоих концах указанной первой основной части 3 трубы и что второй трубчатый компонент 2 содержит вторую основную часть 5 трубы и охватывающие элементы 6 на обоих концах указанной второй основной части 5 трубы. Другими словами, второй трубчатый компонент 2 представляет собой соединительную муфту, используемую для соединения между собой двух первых трубчатых компонентов 1 благодаря взаимо-

действию между охватываемыми элементами 4 указанных первых трубчатых компонентов 1 и охватываемыми элементами 6 указанного второго трубчатого компонента 5. Только один первый трубчатый компонент 1 и один охватываемый элемент 4, взаимодействующие с одним охватывающим элементом 6 второго трубчатого компонента 2, частично показаны в свинченном состоянии на фиг. 1, но приведенное ниже описание может быть применимо и к другому охватывающему элементу (не показан) второго трубчатого компонента 2 и другому охватываемому элементу (не показан) другого первого трубчатого компонента (не показан). Оба трубчатых компонента 1, 2 изготовлены из стали.

В свинченном состоянии соединения, как показано на фиг. 1, охватываемый элемент 4 и охватывающий элемент 6 соединены таким образом, что продольная ось X соединения соосна с первым трубчатым компонентом 1 и вторым трубчатым компонентом 2, причем указанная продольная ось X определяет осевое направление соединения.

Конец охватываемого элемента 4, противоположный первой основной части 3 трубы, заканчивается охватываемой концевой поверхностью 7. Эта охватываемая концевая поверхность 7 образует осевой свободный конец охватываемого элемента 4 или торец с наружной резьбой. Охватываемая концевая поверхность 7 также представляет собой свободную осевую поверхность первого трубчатого компонента 1. Конец охватывающего элемента 6 заканчивается охватывающей концевой поверхностью 8. Эта охватывающая концевая поверхность 8 образует осевой свободный конец охватывающего элемента 6 или торец с внутренней резьбой. Охватывающая концевая поверхность 8 также представляет собой свободную осевую поверхность второго трубчатого компонента 2. Охватываемая концевая поверхность 7 и охватывающая концевая поверхность 8 ориентированы радиально относительно продольной оси X соединения. Ни одна из охватываемой концевой поверхности 7 и охватывающей концевой поверхности 8 не находится в упорном контакте в конце свинчивания. Другими словами, охватываемая концевая поверхность 7 удалена в осевом направлении от второго трубчатого компонента 2, и охватывающая концевая поверхность 8 удалена в осевом направлении от первого трубчатого компонента 1.

Как показано на фиг. 1-3, охватываемый элемент 4 обеспечен зоной 9 с наружной резьбой, а охватываемый элемент 6 обеспечен зоной 10 с внутренней резьбой. Зона 9 с наружной резьбой и зона 10 с внутренней резьбой взаимодействуют для взаимного соединения путем свинчивания двух трубчатых компонентов 1, 2. Резьбовые зоны 9, 10 механически обрабатываются соответственно. На фиг. 1 резьбовое трубчатое соединение показано в полностью свинченном виде.

Согласно настоящему изобретению эффективность соединения составляет по меньшей мере 100% предела текучести первой основной части 3 трубы. Зона 9 с наружной резьбой и зона 10 с внутренней резьбой имеют конусность с углом конусности θ_T , причем указанный угол конусности θ_T является одинаковым как для зоны 9 с наружной резьбой, так и для зоны 10 с внутренней резьбой. Этот угол конусности θ_T представляет собой угол между образующей зоны 9 с наружной резьбой и/или зоны 10 с внутренней резьбой и продольной осью X соединения. Конусность, соответствующая $2 \times \tan(\theta_T)$, находится, например, в диапазоне от 1/6 до 1/18 и предпочтительно выбирается в диапазоне от 1/6 до 1/10 и еще более предпочтительно приблизительно 1/8. Предпочтительно значение конусности может составлять 1/8 или 1/6, что соответствует углу конусности θ_T , составляющему $3,6^\circ$ и $4,8^\circ$, соответственно.

Зона 9 с наружной резьбой и зона 10 с внутренней резьбой являются одноходовыми. "Одноходовая" означает, что каждая из зоны 9 с наружной резьбой и зоны 10 с внутренней резьбой имеет соответствующий уникальный и однозаходный виток без перерыва, причем виток представляет собой непрерывную винтовую линию. Зона 9 с наружной резьбой начинается от охватываемой концевой поверхности 7. Зона 10 с внутренней резьбой начинается от внутренней концевой поверхности 8. Каждая из зоны 9 с наружной резьбой и зоны 10 с внутренней резьбой содержит множество резьб 11, образованных витком резьбы. Каждая резьба 11 содержит опорную сторону 12, вершину 13, закладную сторону 14 и впадину 15.

Зона 9 с наружной резьбой имеет первую часть 16 с наружной резьбой и вторую часть 17 с наружной резьбой. Вторая часть 17 с наружной резьбой расположена вдоль продольной оси X между первой частью 16 с наружной резьбой и первой основной частью 3 трубы. В первой резьбовой части 16 осевая ширина впадины резьбы WR_{p1} уменьшается вдоль направления, ориентированного от охватываемой концевой поверхности 7 к первой основной части 3 трубы, а осевая ширина вершин увеличивается вдоль указанного направления, ориентированного от охватываемой концевой поверхности 7 к первой основной части 3 трубы. Во второй резьбовой части 17 осевая ширина впадины резьбы WR_{p2} остается постоянной при минимальном значении ширины WR_{pmin} , а осевая ширина вершин остается постоянной при максимальном значении ширины. Резьба 18 зоны 9 с наружной резьбой, ближайшая к охватываемой концевой поверхности 7, имеет максимальное значение осевой ширины впадины WR_{pmax} зоны 9 с наружной резьбой.

Зона 10 с внутренней резьбой имеет первую часть 19 с внутренней резьбой и вторую часть 21 с внутренней резьбой. Первая часть 19 с внутренней резьбой имеет осевую ширину впадины резьбы WR_b , которая уменьшается вдоль направления, ориентированного от охватывающей концевой поверхности 8 ко второй основной части 5 трубы, и осевую ширину вершин, которая увеличивается вдоль указанного

направления, ориентированного от охватываемой концевой поверхности 8 ко второй основной части 5 трубы.

В варианте осуществления, показанном на фиг. 1 и 2, первая часть 19 с внутренней резьбой расположена вдоль продольной оси (X) между второй частью 21 с внутренней резьбой и второй основной частью 5 трубы. В этом варианте осуществления вторая часть с внутренней резьбой также имеет осевую ширину впадины резьбы WR_b , которая уменьшается вдоль направления, ориентированного от охватываемой концевой поверхности 8 ко второй основной части 5 трубы, и осевую ширину вершин, которая увеличивается вдоль указанного направления, ориентированного от охватываемой концевой поверхности 8 ко второй основной части 5 трубы. Другими словами, в этом варианте осуществления изменение ширины вершин и впадин зоны 10 с внутренней резьбой является постоянным на всем протяжении указанной зоны 10 с внутренней резьбой. Резьба 29 зоны 10 с внутренней резьбой, ближайшая к охватываемой концевой поверхности 8, имеет максимальное значение осевой ширины впадины WR_{bmax} зоны 10 с внутренней резьбой.

Как объяснено ниже, зона 10 с внутренней резьбой и первая часть 16 с наружной резьбой имеют одинаковый коэффициент клина. В зоне 10 с внутренней резьбой и в первой части 16 с наружной резьбой разность между шагом запорной стороны, SFL, и шагом опорной стороны, LFL, в блокирующей области является предпочтительно такой, что:

$$LD > SFL \cdot \sin^2(\theta_T) \cdot (\cot(\theta_T) + \tan(\theta_{SF})) \cdot (\tan(\theta_{SF} - \theta_T) + \tan(\theta_{LF} + \theta_T))$$

где LD представляет собой разность между шагом запорной стороны, SFL, и шагом опорной стороны, LFL, θ_T представляет собой конусность резьбовой зоны 9 или 10, θ_{SF} представляет собой угол закладной стороны резьб 11, а θ_{LF} представляет собой угол опорной стороны резьб 11, причем указанные углы конусности и сторон являются одинаковыми в зоне 10 с внутренней резьбой и первой части 16 с наружной резьбой. Такая разность позволяет избежать преждевременной блокировки сторон в блокирующей области 18 во время операций свинчивания.

В свинченном состоянии, как показано на фиг. 1, соединение содержит блокирующую область 18, в которой первая часть 19 с внутренней резьбой зоны 10 с внутренней резьбой взаимодействует с первой частью 16 с наружной резьбой в самоблокирующейся компоновке, и неблокирующую область 20, в которой вторая часть 21 зоны 10 с внутренней резьбой взаимодействует со второй частью 17 с наружной резьбой в несамоблокирующейся компоновке.

В такой "самоблокирующейся" конфигурации наружные резьбы 11, как и внутренние резьбы 11, имеют постоянный шаг, хотя ширина их вершин соответственно уменьшается от соответствующей основной части 3, 5 трубы к их соответствующей концевой поверхности 7, 8 и ширина их впадин соответственно увеличивается от соответствующей основной части 3, 5 трубы к их соответствующей концевой поверхности 7, 8. Во время свинчивания наружная и внутренняя резьбы 11 заканчиваются блокированием друг с другом в определенном положении благодаря этому изменению ширины вершин и впадин. Другими словами, в свинченном состоянии, как показано на фиг. 1, в блокирующей области 18 опорные стороны 12 зоны 10 с внутренней резьбой находятся в контакте с натягом с опорными сторонами 12 зоны 9 с наружной резьбой и закладные стороны 14 зоны 10 с внутренней резьбой находятся в контакте с натягом с закладными сторонами 14 зоны 9 с наружной резьбой.

И напротив, в "несамоблокирующейся" конфигурации осевой зазор остается между опорными сторонами 12 и/или закладными сторонами 14 зоны 9 с наружной резьбой и зоной 10 с внутренней резьбой.

В блокирующей области 18, как и внутри первой части 16 с наружной резьбой и первой части 19 с внутренней резьбой, происходит постепенное изменение ширины осевых вершин и соответственно постепенное изменение ширины осевых впадин, происходит постепенное осевое затягивание между резьбой 11 первой части 16 с наружной резьбой и резьбой 11 первой части 19 с внутренней резьбой во время свинчивания до окончательного блокирующегося положения. Как объяснялось выше, в таком окончательном блокирующемся положении резьбы 11 первой части 16 с наружной резьбой являются такими, что их закладные стороны 14 и опорные стороны 12 блокируются соответственно с закладными сторонами 14 и опорными сторонами 12 соответствующих резьб 11 первой части 19 с внутренней резьбой.

Кроме того, согласно конструкции соединения, показанной на фиг. 1, отсутствует радиальный зазор между вершинами 13 резьбы и впадиной 15 резьбы в блокирующей области 18, как между вершинами 13 резьбы охватываемого элемента 4, так и между вершинами 13 резьбы охватываемого элемента 4 и впадинами 15 резьбы охватываемого элемента 6, а также между вершинами 13 резьбы охватываемого элемента 6 и впадинами 15 резьбы охватываемого элемента 4. Таким образом, блокирующаяся область 18 образует уплотнение путем создания достаточного контакта для улавливания уплотняющей трубной смазки и выдерживания высокого давления. В этом варианте осуществления вершины 13 и впадины 15 зоны 9 с наружной резьбой и зоны 10 с внутренней резьбой в блокирующей области 18 параллельны образующей конусность зон 9, 10 с резьбой.

Чтобы обеспечить хорошие уплотнительные характеристики соединения, перекрытие диаметров в месте пересечения впадины/вершины составляет от 0,0020 до 0,0030 наружного диаметра первой основ-

ной части 3 трубы. В одном предпочтительном варианте осуществления, чтобы обеспечить хорошие уплотнительные характеристики соединения, перекрытие диаметров в месте пересечения впадины/вершины определяется как составляющее более $0,4 \times ((OD - 2 \times W_{\min}) \times EUL$, где OD представляет собой номинальный наружный диаметр первой основной части трубы, W_{\min} представляет собой минимальную толщину стенки первой основной части 3 трубы, причем указанная минимальная толщина стенки определяется, например, в API 5CT как оставшаяся стенка основной части трубы \times толщину стенки, и EUL представляет собой удлинение под нагрузкой для минимального класса, например 0,005.

В неблокирующей области 20, как и во второй части 17 с наружной резьбой, осевая ширина впадины резьбы WR_{p2} остается постоянной, тогда как осевая ширина вершин резьбы 13 во второй части 21 с внутренней резьбой уменьшается от блокирующей области 18 к охватываемой концевой поверхности 7, зазор остается между закладными сторонами 14 и/или опорными сторонами 12, если соответственно вторые части 17, 21 с наружной и внутренней резьбой находятся в свинченном состоянии соединения.

Во избежание среза вершины 13 резьбы зоны 10 с внутренней резьбой не должны быть слишком узкими, особенно для резьб 11, которые входят в блокирующую область 18. Как показано на фиг. 4, внутренняя дистальная резьба 22 является такой, что:

$$FDTW/TH \geq 125\%$$

где FDTW (для ширины внутренней дистальной резьбы) представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы 22 в блокирующей области 18, а TH (для высоты резьбы) представляет собой высоту зубца указанной внутренней дистальной резьбы 22 в блокирующей области 18. Такая внутренняя дистальная резьба 22 представляет собой резьбу 11 зоны 10 с внутренней резьбой, которая находится в зацеплении в самоблокирующей компоновке, т. е. находится в блокирующей области 18 и, следовательно, имеет в свинченном состоянии соединения как опорную сторону 12, так и закладную сторону 14, в контакте с натягом с соответствующей опорной стороной 12 и соответственно закладной стороной 14 зоны 9 с наружной резьбой, которая является ближайшей к внутренней концевой поверхности 8. Другими словами, такая внутренняя дистальная резьба 22 представляет собой последнюю резьбу зоны 10 с внутренней резьбой в блокирующей области, которая является смежной с неблокирующей областью 20. Указанная внутренняя дистальная резьба 22, следующая вышеупомянутому отношению, имеет ширину вершины, достаточно большую, чтобы избежать среза соединения.

Более того, указанная внутренняя дистальная резьба 22 предпочтительно такова, что

$$FDTW/WT_{\max} \geq 15\%,$$

где FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы 22, а WT_{\max} представляет собой максимальную радиальную толщину первой основной части 3 трубы.

Преимущественно, как показано на фиг. 4, проксимальная резьба 23 зоны 9 с наружной резьбой в качестве ширины впадины PRTW, такова, что:

$$PRTW \geq \left(\frac{FDTW}{\cos \theta_T} + \frac{TH}{\tan(90 - \theta_{SF} + \theta_T)} + \frac{TH}{\tan(90 - \theta_{LF} - \theta_T)} \right) \cdot \cos \theta_T$$

где FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы 22, TH представляет собой высоту зубца указанной внутренней дистальной резьбы 22, θ_T представляет собой конусность зоны 9 с наружной резьбой, θ_{SF} представляет собой угол проксимальной закладной стороны проксимальной резьбы 23, и θ_{LF} представляет собой угол проксимальной опорной стороны указанной проксимальной резьбы 23. Такая проксимальная резьба 23 зоны 9 с наружной резьбой обеспечивает отсутствие перекрытия между указанной проксимальной резьбой 23 и внутренней дистальной резьбой 22 при операции свинчивания соединения, позволяя без труда завинчивать зоны 9, 10 с наружной и внутренней резьбой.

Предпочтительно диаметр зоны с наружной резьбой MTZD является таким, что:

$$OD_{pb} < MTZD < ID_{pb} + 15\%W_{pbt}$$

где OD_{pb} представляет собой наружный диаметр первой основной части 3 трубы, MTZD представляет собой диаметр зоны с наружной резьбой, ID_{pb} представляет собой внутренний диаметр первой основной части 3 трубы и W_{pbt} представляет собой толщину стенки первой основной части 3 трубы. Такой диаметр зоны с наружной резьбой MTZD позволяет максимально увеличить длину блокирующей области 18, обеспечивая важную поверхность взаимодействия в соединении между резьбами 11 первой части 16 с наружной резьбой и первой частью 19 с внутренней резьбой, обеспечивая хорошие уплотнительные свойства и несущие крутящий момент резьбы, и обеспечивает охватываемый элемент с большими выступами, особенно вблизи охватываемой концевой поверхности 7.

Преимущественно, как показано на фиг. 4, резьбы 11 зоны 9 с наружной резьбой и резьбы 11 зоны 10 с внутренней резьбой имеют профиль "ласточкин хвост". Данный профиль "ласточкин хвост" позволяет избежать риска выскакивания, что соответствует разъединению зоны 9 с наружной резьбой и зоны 10 с внутренней резьбой, когда соединение подвергается большим изгибающим или растягивающим напряжениями. Более конкретно, геометрия резьб 11 "ласточкин хвост" увеличивает радиальную жесткость

их узла по сравнению с резьбами, которые обычно называются "трапециевидными" резьбами, при этом осевая ширина резьбы уменьшается от впадин к вершине резьб. Преимущественно, опорные стороны 12 резьб 11 соединяются с вершинами 13 резьбы и со смежными впадинами 15 резьбы посредством закруглений таким образом, что эти закругления уменьшают коэффициент концентрации напряжений в основании опорных сторон 12 и таким образом улучшают усталостные характеристики соединения.

Вдоль продольного сечения соединения как опорная сторона 12, так и закладная сторона 14 имеют прямой профиль. Опорная сторона 12 и закладная сторона 14 составляют соответственно отрицательный угол α и соответственно отрицательный угол β с направлением, перпендикулярным продольной оси X. Значение угла опорной стороны α меньше или равно значению угла закладной стороны β , при этом будучи противоположным и определенным на противоположных сторонах направления, перпендикулярного продольной оси X. Например, углы α и β составляют от 1° до 5° . Таким образом, ширина впадины 15 в нижней части интервала между двумя смежными резьбами 11 всегда является наибольшим размером этой резьбы при рассмотрении ширины резьбы вдоль продольной оси X.

Согласно первому варианту осуществления, как показано на фиг. 5, первый шаг закладной стороны наружной резьбы SFL_p между закладными сторонами 14 в первой части 16 с наружной резьбой является постоянным при значении SFL_p1. Первый шаг опорной стороны наружной резьбы LFL_p1 между опорными сторонами 12 в первой части 16 с наружной резьбой также является постоянным, но имеет значение LFL_p1, которое отличается от первого шага закладной стороны наружной резьбы SFL_p1. В примере, показанном на фиг. 5, LFL_p1 строго превосходит SFL_p1. Кроме того, второй шаг закладной стороны SFL_p2 наружной резьбы между закладными сторонами 14 во второй части 17 с наружной резьбой является постоянным и имеет значение SFL_p2, и второй шаг опорной стороны LFL_p2 наружной резьбы между опорными сторонами 12 во второй части 17 с наружной резьбой остается постоянным при значении, равном первому шагу опорной стороны LFL_p1 наружной резьбы. Второй шаг закладной стороны SFL_p2 наружной резьбы равен второму шагу опорной стороны LFL_p2 наружной резьбы во второй части 17 с наружной резьбой таким образом, что ширина впадины резьбы в указанной второй части 17 с наружной резьбой остается постоянной.

Коэффициент клина первой части 16 с наружной резьбой, который представляет собой разность между шагом опорной стороны LFL_p1 и шагом закладной стороны SFL_p1, для обоих примеров составляет менее 0,15 мм.

В рамках объема изобретения приемлемы другие значения шага закладной стороны SFL_p1 и/или шага опорной стороны LFL_p1.

Аналогично, шаг опорной стороны внутренней резьбы LFL_b между опорными сторонами 12 зоны 10 с внутренней резьбой является постоянным и имеет значение LFL_b1, а шаг закладной стороны внутренней резьбы SFL_b между закладными сторонами 14 зоны 10 с внутренней резьбой также является постоянным, но имеет значение SFL_b1, которое отличается от LFL_p1, с признаком, что первый шаг опорной стороны внутренней резьбы LFL_b1 больше, чем первый шаг закладной стороны внутренней резьбы SFL_b1.

Кроме того, как представлено на фиг. 5, первый шаг закладной стороны наружной резьбы SFL_p1 и шаг закладной стороны внутренней резьбы SFL_b1 равны и меньше, чем соответствующие первый шаг опорной стороны наружной резьбы LFL_p1 и шаг опорной стороны внутренней резьбы LFL_b1, которые сами по себе равны.

Продольная сторона 28 блокирующей области 18 определяется местом изменения шагов закладных сторон в зоне 9 с наружной резьбой. Зона 9 с наружной резьбой имеет уникальное изменение значения шага закладной стороны, тогда как шаги опорной стороны остаются постоянными на протяжении всей зоны 9 с наружной резьбой. Изменения внезапны и происходят менее чем за один виток, предпочтительно менее чем за 180° .

В альтернативном варианте зоны 9, 10 с наружной и внутренней резьбой могут иметь постоянные шаги закладной стороны, но зона с наружной резьбой имеет уникальное изменение значения шага опорной стороны.

Согласно настоящему изобретению только определенное количество резьб 11 в каждой зоне 9, 10 с наружной и внутренней резьбами находится в этой конкретной блокирующей конфигурации и включено в блокирующую область 18. Блокирующаяся область 18 находится дальше от резьбы 29 зоны 10 с внутренней резьбой, ближайшей к охватывающей концевой поверхности 8. Другими словами, по меньшей мере указанная резьба 29 не находится в блокирующей конфигурации. Блокирующаяся область 18 составляет более 55%; предпочтительно более 60% и даже предпочтительно более 70% общей длины свинчивания зацепленных наружной и внутренней резьб 11, т. е. длины блокирующейся области 18 и длины неблокирующейся области.

Например, блокирующаяся область 18 содержит от десяти до шестнадцати витков резьбы, при этом зона 10 с внутренней резьбой полностью содержит по меньшей мере шестнадцать витков резьбы и зона 9 с наружной резьбой полностью содержит по меньшей мере шестнадцать витков резьбы.

Резьбы 11 зоны 9 с наружной резьбой и зоны 10 с внутренней резьбой содержат полнопрофильные

резьбы 26 и неполнопрофильные резьбы 27.

Полнопрофильные резьбы 26 имеют свои вершины 13 и впадины 15, параллельные образующей конусности. Более того, указанные полнопрофильные резьбы 26 имеют постоянную радиальную высоту вдоль резьбовых зон 9, 10. Таким образом, стороны 12 и 14 этих полнопрофильных резьб 26 обеспечивают большую поверхность для взаимодействия с другими резьбами 11.

Неполнопрофильные резьбы 27 не полностью образованы на соединении, например, из-за отсутствия доступного материала в толщине стенки таким образом, что вершины 13 резьб зон 9, 10 с наружной и внутренней резьбами параллельны продольной оси X соединения, поскольку материал в толщине стенки становится недоступным. Это облегчает механическую обработку. Неполнопрофильные резьбы 27 расположены во второй части 17 с наружной резьбой. Неполнопрофильные резьбы 27 расположены в зоне с внутренней резьбой вблизи второй основной части 5 трубы. Неполнопрофильные резьбы 27 внутри второй части 17 с наружной резьбой и зоны с внутренней резьбой повышают эффективность при растяжении резьбового трубчатого соединения.

Резьбы 11 с минимальной шириной впадины являются неполнопрофильными вблизи перехода с нерезьбовыми частями к основной части 3 или 5 трубы. Неполнопрофильные резьбы 27 имеют меньшую высоту, чем обычная высота других резьб, т. е. полнопрофильных резьб 26, в блокирующей области 21.

Чтобы снизить затраты на механическую обработку, охватываемый элемент 4 и охватывающий элемент 6 сначала вырезаются под углом конусности θ_T предполагаемой резьбовой зоны 9 или 10, и этот вырезанный угол конусности θ_T становится определением вершины 13 резьб. Таким образом, дополнительная механическая обработка вершин 13 резьбы не требуется. Вершины 13 согласно этому варианту осуществления параллельны оси конуса резьбовых зон 9, 10.

Для облегчения свинчивания обработке поверхности подвергается только охватывающий элемент 6, и перед свинчиванием соединения дополнительно наносят уплотняющую трубную смазку вокруг охватываемого элемента 4 и/или охватывающего элемента 6. В альтернативном варианте поверхность как охватываемого элемента 4, так и охватывающего элемента 6 может быть обработана. Например, обработка поверхности может представлять собой обработку фосфатом цинка.

В одном непоказанном варианте осуществления вторая часть с внутренней резьбой имеет ширину впадин и вершин, которая остается постоянной вдоль продольной оси соединения. Неблокирующаяся область остается определенной путем взаимодействия второй части с наружной резьбой и второй части с внутренней резьбой, однако осевой зазор между опорными сторонами и/или закладными сторонами в неблокирующей области меньше, чем в варианте осуществления, описанном выше с учетом фиг. 1-4. Другие признаки соединения остаются такими, как описано выше с учетом указанных фиг. 1-5.

Другой вариант осуществления, показанный на фиг. 6, отличается от варианта осуществления, описанного с учетом фиг. 1-5, тем, что вторая часть 21 с внутренней резьбой расположена вдоль продольной оси (X) между первой частью 19 с внутренней резьбой и второй основной частью 5 трубы. В этом варианте осуществления впадины и вершины первой части 19 с внутренней резьбой имеют вариацию, как объяснено выше, которая начинается от охватывающей концевой поверхности 8 ко второй основной части 5 трубы, но вторая часть 21 с внутренней резьбой имеет ширину впадин и вершин, которая остается постоянной вдоль продольной оси (X). Таким образом, зона 10 с внутренней резьбой имеет место изменения в шаге закладной стороны SFL_b, в то время как шаг опорной стороны LFL_b в указанной зоне 10 с внутренней резьбой остается постоянным. Значение SFL_b1 шага закладной стороны внутренней резьбы в первой части 19 с внутренней резьбой строго ниже, чем значение SFL_b2 шага закладной стороны внутренней резьбы во второй части 21 с внутренней резьбой, причем указанное значение SFL_b2 шага закладной стороны внутренней резьбы во второй части 21 с внутренней резьбой равно шагу опорной стороны LFL_b в зоне 10 с внутренней резьбой.

Блокирующаяся область 18 образована путем свинчивания первой части 16 с наружной резьбой и первой части 19 с внутренней резьбой, но указанная блокирующаяся область 18 расположена между первой неблокирующейся областью 24 и второй неблокирующейся областью 25. Первая неблокирующаяся область 24 образована путем зацепления резьб 11 второй части 17 с наружной резьбой с резьбами 11 первой части 19 с внутренней резьбой, а вторая неблокирующаяся область 25 образована путем зацепления резьб 11 второй части 21 с внутренней резьбой с резьбами 11 первой части 16 с наружной резьбой.

В первой неблокирующейся области 24, поскольку ширина впадин 15 во второй части 17 с наружной резьбой остается постоянной, в то время как ширина вершин 13 в первой части 19 с внутренней резьбой уменьшается от охватывающей концевой поверхности 8 ко второй основной части 5 трубы, резьбы 11 второй части 17 с наружной резьбой в указанной первой неблокирующейся области 24 и в свинченном состоянии соединения не находятся в контакте, с учетом либо их опорных сторон 12, и/либо их закладных сторон 14, с соответствующими опорными сторонами 12 и/или закладными сторонами 14 первой части 19 с внутренней резьбой. Другими словами, резьбы 11 второй части 17 с наружной резьбой в первой неблокирующейся области 24 не находятся в самоблокирующейся компоновке, поскольку они имеют по меньшей мере одну из своих опорных сторон 12 или закладной стороны 14, не контактирую-

щую ни с одной соответствующей поверхностью первой части 19 с внутренней резьбой, причем между ними существует осевой зазор. Аналогично, во второй неблокирующейся области 25, поскольку ширина впадин 15 во второй части 21 с внутренней резьбой остается постоянной, в то время как ширина вершин 13 в первой части 16 с наружной резьбой уменьшается от охватываемой концевой поверхности 7 к первой основной части 3 трубы, резьбы 11 второй части 21 с внутренней резьбой в указанной второй неблокирующейся области 25 и в свинченном состоянии соединения не находятся в контакте, с учетом либо их опорных сторон 12, и/либо их закладных сторон 14, с соответствующими опорными сторонами 12 и/или закладными сторонами 14 первой части 16 с наружной резьбой.

В одном предпочтительном варианте осуществления между соответствующими закладными сторонами 14 наружной и внутренней резьбы в неблокирующейся области или областях существует положительный зазор. Например, данный зазор составляет по меньшей мере 1 мм или, например, менее 5 мм.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение, содержащее первый трубчатый компонент (1) и второй трубчатый компонент (2),

причем первый трубчатый компонент (1) содержит первую основную часть (3) трубы, зону (9) с наружной резьбой и охватываемую концевую поверхность (7), причем зона (9) с наружной резьбой расположена вдоль продольной оси (X) резьбового соединения между первой основной частью (3) трубы и охватываемой концевой поверхностью (7), указанная зона (9) с наружной резьбой содержит первую часть (16) с наружной резьбой и вторую часть (17) с наружной резьбой, причем вторая часть (17) с наружной резьбой расположена вдоль продольной оси (X) между первой частью (16) с наружной резьбой и первой основной частью (3) трубы, причем первая часть (16) с наружной резьбой имеет резьбу (11) с первой шириной впадины наружной резьбы, а вторая часть (17) с наружной резьбой имеет резьбу (11) со второй шириной впадины наружной резьбы, причем первая ширина впадины наружной резьбы уменьшается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности (7) к первой основной части (3) трубы, а вторая ширина впадины наружной резьбы является постоянной вдоль второй части (17) с наружной резьбой,

причем второй трубчатый компонент (2) содержит вторую основную часть (5) трубы, зону (10) с внутренней резьбой и охватывающую концевую поверхность (8), причем зона (10) с внутренней резьбой расположена вдоль продольной оси (X) между второй основной частью (5) трубы и охватывающей концевой поверхностью (8), указанная зона с внутренней резьбой содержит первую часть (19) с внутренней резьбой и вторую часть (21) с внутренней резьбой, причем первая часть (19) с внутренней резьбой имеет резьбу (11) с первой шириной впадины внутренней резьбы, а вторая часть (21) с внутренней резьбой имеет резьбу (11) со второй шириной впадины внутренней резьбы, причем первая ширина впадины внутренней резьбы уменьшается в направлении, ориентированном от охватываемой концевой поверхности (8) ко второй основной части (5) трубы, а зубец (29) зоны (10) с внутренней резьбой, расположенный ближе всего к охватываемой концевой поверхности (8), имеет наибольшую ширину впадины внутренней резьбы зоны (10) с внутренней резьбой, отличающееся тем, что зона (9) с наружной резьбой и зона (10) с внутренней резьбой частично свинчены в самоблокирующейся компоновке для обеспечения блокирующейся области (18) и неблокирующейся области (20, 24, 25) в резьбовом соединении, причем блокирующаяся область (18) образована в свинченном состоянии резьбового соединения путем взаимодействия первой части (16) с наружной резьбой и первой части (19) с внутренней резьбой, а неблокирующаяся область (20, 24, 25) образована в свинченном состоянии резьбового соединения путем взаимодействия второй части (17) с наружной резьбой и зоны (10) с внутренней резьбой, и

при этом внутренняя дистальная резьба (22) блокирующейся области (18) имеет такую ширину, что

$$FDTW/TH \geq 125\%,$$

где FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы (22) блокирующейся области, а TH представляет собой высоту зубца указанной внутренней дистальной резьбы (22).

2. Резьбовое соединение по п.1, отличающееся тем, что внутренняя дистальная резьба (22) блокирующейся области (18) имеет такую ширину, что

$$FDTW/WT_{\max} \geq 15\%,$$

где FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы (22) блокирующейся области, а WT_{\max} представляет собой максимальную радиальную толщину первого трубчатого компонента (3).

3. Резьбовое соединение по п.1 или 2, отличающееся тем, что зоны (9, 10) с наружной и внутренней резьбами имеют образующую конусности, которая образует угол конусности (θ_T) с продольной осью (X) резьбового соединения, и при этом проксимальная резьба (23) зоны (9) с наружной резьбой, ближайшая к первой основной части (3) трубы, имеет проксимальную впадину резьбы, проксимальную опорную сторону, проксимальную вершину и проксимальную закладную сторону, причем ширина проксимальной впадины резьбы является такой, что:

$$PRTW \geq \left(\frac{FDTW}{\cos \theta_T} + \frac{TH}{\tan(90 - \theta_{SF} + \theta_T)} + \frac{TH}{\tan(90 - \theta_{LF} - \theta_T)} \right) \cdot \cos \theta_T$$

где PRTW представляет собой ширину проксимальной впадины резьбы, FDTW представляет собой ширину зубца внутренней дистальной резьбы (22) в блокирующей области (18), TH представляет собой высоту зубца указанной внутренней дистальной резьбы (22), θ_T представляет собой конусность зоны с наружной резьбой, θ_{SF} представляет собой угол проксимальной закладной стороны, и θ_{LF} представляет собой угол проксимальной опорной стороны.

4. Резбовое соединение по п.3, отличающееся тем, что конусность зон (9, 10) с наружной и внутренней резьбами, соответствующая $2 \times \tan(\text{угол конусности}(\theta_T))$, находится в диапазоне от 1/6 до 1/18 и предпочтительно выбрана в диапазоне от 1/6 до 1/10 и еще более предпочтительно приблизительно 1/8, и при этом вершины и впадины наружной и внутренней резьб резьбовых зон (9, 10) параллельны образующей конусности в блокирующей области.

5. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что диаметр зоны с наружной резьбой является таким, что

$$OD_{pb} < MTZD < ID_{pb} + 15\%W_{pbt}$$

где OD_{pb} представляет собой наружный диаметр первой основной части (3) трубы, MTZD представляет собой диаметр зоны (9) с наружной резьбой, ID_{pb} представляет собой внутренний диаметр первой основной части (3) трубы, и W_{pbt} представляет собой толщину стенки первой основной части (3) трубы.

6. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что разность между шагом закладной стороны наружной резьбы (SFL_p) и шагом опорной стороны наружной резьбы (LFL_p) в блокирующей части (18) является такой, что:

$$LD > SFL \cdot \sin^2(\theta_T) \cdot (\cot(\theta_T) + \tan(\theta_{SF})) \cdot (\tan(\theta_{SF} - \theta_T) + \tan(\theta_{LF} + \theta_T))$$

где LD представляет собой разность между шагом закладной стороны наружной резьбы (SFL_p) и шагом опорной стороны наружной резьбы (LFL_p), SFL представляет собой шаг закладной стороны наружной резьбы (SFL_p), θ_T представляет собой конусность зоны с наружной резьбой (9), θ_{SF} представляет собой угол закладной стороны наружных резьб (11), и θ_{LF} представляет собой угол опорной стороны наружных резьб (11).

7. Резбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что первая часть (19) с внутренней резьбой расположена между второй частью (21) с внутренней резьбой и второй основной частью (5) трубы вдоль продольной оси (X) резьбового соединения.

8. Резбовое соединение по любому из пп.1-6, отличающееся тем, что первая часть (19) с внутренней резьбой расположена между второй частью (21) с внутренней резьбой и охватывающей концевой поверхностью (8) вдоль продольной оси (X) резьбового соединения.

9. Резбовое соединение по п.8, отличающееся тем, что зона (9) с наружной резьбой содержит одну непрерывную спираль таким образом, что шаг опорных сторон наружной резьбы (SFL_p) изменяется в одном месте изменения опорных сторон наружной резьбы LFDI в зоне (9) с наружной резьбой, а зона (10) с внутренней резьбой содержит одну непрерывную спираль таким образом, что шаг закладных сторон внутренней резьбы (SFL_b) изменяется в одном месте изменения закладных сторон внутренней резьбы в зоне (10) с внутренней резьбой, причем место изменения закладной стороны наружной резьбы и место изменения закладной стороны внутренней резьбы находятся в разных местоположениях вдоль продольной оси (X) резьбового соединения таким образом, что блокирующаяся область (18) определяется между охватываемой концевой поверхностью (7) и ближайшей к охватываемой концевой поверхности (7) между местом изменения опорной стороны наружной резьбы и местом изменения закладной стороны внутренней резьбы, и при этом шаг опорных сторон наружной резьбы (LFL_p) остается постоянным вдоль зоны (9) с наружной резьбой и шаг опорных сторон внутренней резьбы (LFL_b) остается постоянным вдоль зоны (10) с внутренней резьбой.

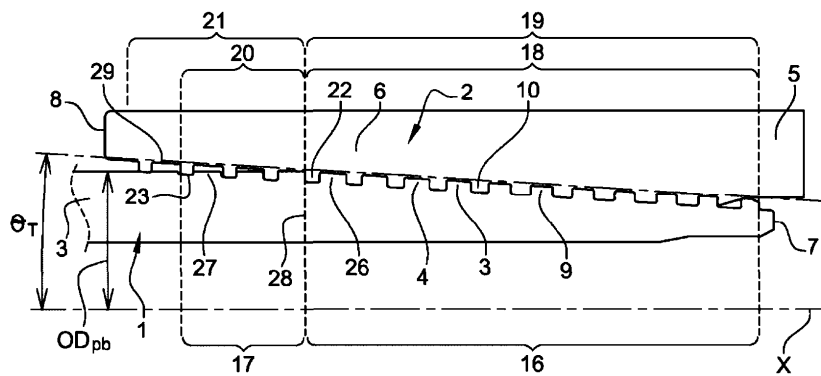
10. Резбовое соединение по п.8, отличающееся тем, что зона (9) с наружной резьбой содержит одну непрерывную спираль таким образом, что шаг опорных сторон наружной резьбы (LFL_p) изменяется в одном месте изменения опорной стороны наружной резьбы в зоне (9) с наружной резьбой, а зона (10) с внутренней резьбой содержит одну непрерывную спираль таким образом, что шаг опорных сторон внутренней резьбы (LFL_b) изменяется в одном месте изменения опорной стороны внутренней резьбы в зоне (10) с внутренней резьбой, причем место изменения опорной стороны наружной резьбы и место изменения опорной стороны внутренней резьбы находятся в разных местоположениях вдоль продольной оси (X) резьбового соединения таким образом, что блокирующаяся область (18) определяется между охватываемой концевой поверхностью (7) и ближайшей к охватываемой концевой поверхности (7) между местом изменения опорной стороны наружной резьбы и местом изменения опорной стороны внутренней резьбы, и при этом шаг закладных сторон наружной резьбы (SFL_p) остается постоянным вдоль зоны (9) с наружной резьбой и шаг закладных сторон внутренней резьбы (SFL_b) остается постоянным вдоль зо-

ны (10) с внутренней резьбой.

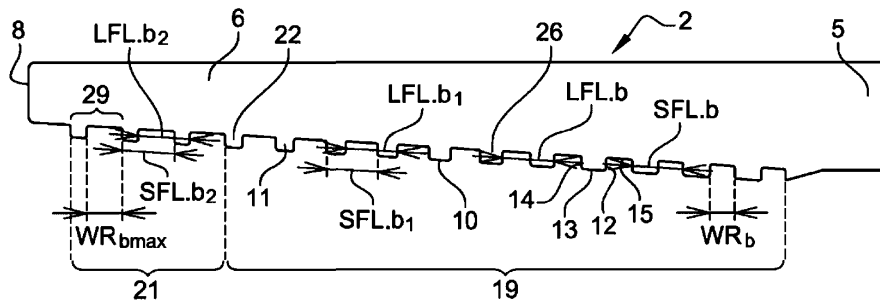
11. Резьбовое соединение по любому из пп.8-10, отличающееся тем, что неблокирующая область представляет собой первую неблокирующую область (24), причем блокирующая область (18) расположена между указанной первой неблокирующей областью (24) и второй неблокирующей областью (25), первая неблокирующая область (24) определяется второй частью (17) с наружной резьбой и первой частью (19) с внутренней резьбой, вторая ширина впадины внутренней резьбы является постоянной вдоль второй части (21) с внутренней резьбой, вторая неблокирующая область (25) определяется первой частью (16) с наружной резьбой и второй частью (21) с внутренней резьбой, блокирующая область (18) определяется первой частью (16) с наружной резьбой и первой частью (19) с внутренней резьбой.

12. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что впадина зоны (10) с внутренней резьбой, которая является ближайшей ко второй основной части (5) трубы, имеет такую же ширину впадины, что и впадина зоны (9) с наружной резьбой, которая является ближайшей к первой основной части (3) трубы.

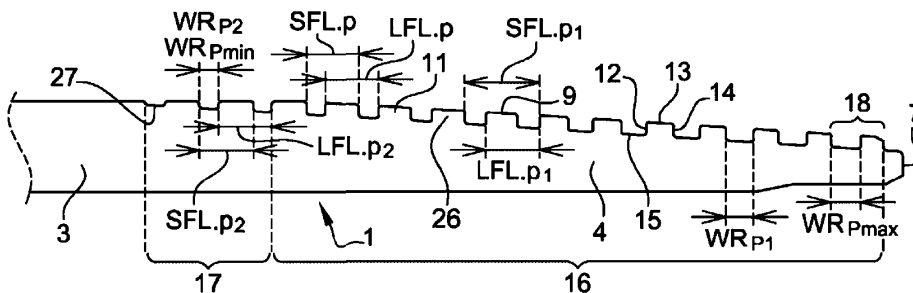
13. Резьбовое соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что резьбы второй части (17) с наружной резьбой имеют высоту неполнопрофильной резьбы и/или зубцы исчезающей резьбы.



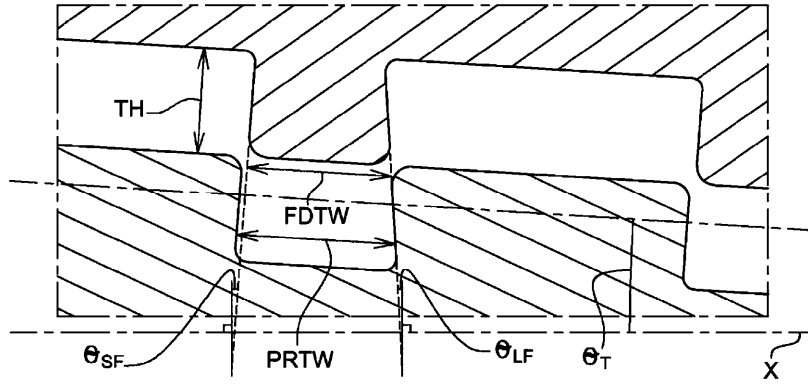
Фиг. 1



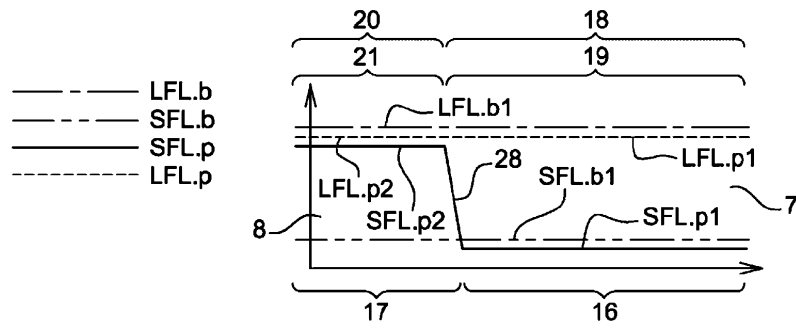
Фиг. 2



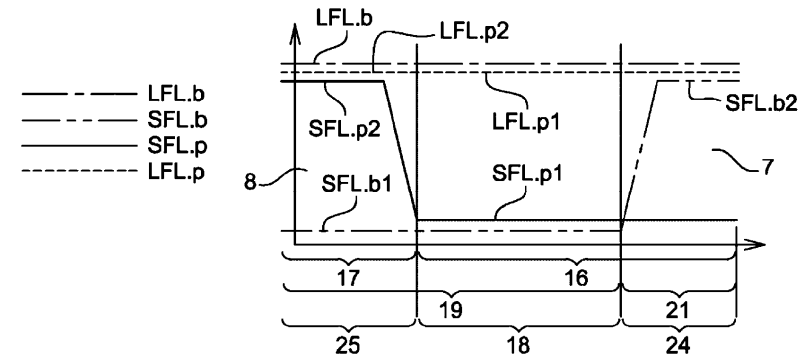
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6