

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044250**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.08.04

(21) Номер заявки
202290092

(22) Дата подачи заявки
2020.07.15

(51) Int. Cl. *E21B 17/042* (2006.01)
F16L 15/00 (2006.01)
F16L 15/06 (2006.01)

(54) **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ОБСАДНОЙ КОЛОННЫ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ**

(31) **FR1908203**

(32) **2019.07.19**

(33) **FR**

(43) **2022.03.25**

(86) **PCT/EP2020/069949**

(87) **WO 2021/013646 2021.01.28**

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

(72) Изобретатель:
**Фулонь Антони, Мартен Пьер,
Абдэдэм Малик, Пюсар Микаэль
(FR)**

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(56) EP-A1-3159591
EP-A1-3572613
WO-A1-2016097049
EP-A1-0767335

(57) Резьбовое трубное соединение для обсадной колонны углеводородных скважин, полученное свинчиванием охватываемого элемента бурильного замка с охватывающим элементом бурильного замка, причем соединение содержит в следующем порядке от свободного края (19) охватываемого элемента бурильного замка: внутреннее уплотнение (25, 26) металл-металл, первую резьбовую часть (16a, 18a), промежуточный упор (22, 24), промежуточное уплотнение (27, 28) металл-металл и вторую резьбовую часть (16b, 18b), причем свободный край (19) находится на ненулевом осевом расстоянии (d) от охватывающего элемента бурильного замка, причем каждая из резьбовых частей содержит винтовую поверхность, снабженную опорной стороной, вершиной резьбы, закладной стороной, впадиной резьбы, вследствие чего шаг (LFL_{p1}, LFL_{b1}) опорной стороны и шаг (SFL_{p1}, SFL_{b1}) закладной стороны первой резьбовой части и, соответственно, шаг (LFL_{p2}, LFL_{b2}) опорной стороны и шаг (SFL_{p2}, SFL_{b2}) закладной стороны второй резьбовой части удовлетворяют следующему условию: [уравнение 12] $SFL_{b1} = LFL_{b1} = SFL_{b2} = LFL_{b2} = SFL_{p1} = LFL_{p1} = SFL_{p2} = LFL_{p2}$.

044250
B1

044250
B1

Изобретение относится к соединениям или узлам труб, предназначенным для соединения посредством резьбы, и относится к трубам, используемым в промышленности, и, в частности, к резьбовым узлам или соединениям, предназначенным для оснащения колонны насосно-компрессорных труб или оборудования для эксплуатационной колонны насосно-компрессорных труб, или обсадных колонн для поиска, эксплуатации или разведки нефтяных или газовых скважин, а также резьбовых узлов или соединений, используемых для любого применения, в котором может потребоваться сборка трубопроводов или оборудования для насосно-компрессорных труб, такого как, например, в геотермальной энергетической промышленности или при производстве пара. Резьбовой узел согласно настоящему изобретению особенно полезен для сборки металлических труб, используемых для обсаживания нефтяных или газовых скважин, как объясняется далее в данном документе.

В этом тексте слова "сборка" или "соединение", или "стык", или "сочленение" используются в одинаковом значении, за исключением определенных контекстов. Под "трубами" подразумеваются любые типы труб или трубных компонентов, или оборудование для насосно-компрессорных труб, существующие или подходящие для использования в промышленности, причем эти трубы, как правило, представляют собой металлические трубы. В частности, эти трубы представляют собой бесшовные трубы, полученные из стали, например, такой как определена в Спецификации API 5 CT, или также в соответствии со стандартом ISO 11960:2004. Предпочтительно соединение согласно настоящему изобретению получают между трубами, изготовленными из материала, обладающего высокой прочностью на разрыв, например из марок сталей с показателями от 862 до 965 МПа (т.е. от 125 до 140 тысяч фунтов на квадратный дюйм).

Известны многочисленные типы узлов для нефтяных или газовых труб, которые демонстрируют удовлетворительные результаты с точки зрения механических характеристик и герметичности даже в тяжелых условиях эксплуатации. Для некоторых из этих узлов требуются трубы, снабженные наружной резьбой в форме усеченного конуса на двух концах, которые собираются посредством муфт, имеющих две соответствующие внутренние резьбы в форме усеченного конуса. Этот способ сборки имеет то преимущество, что два компонента узла становятся жесткими из-за наличия положительных натягов, которые могут возникать между наружной резьбой и внутренней резьбой. Это представляет собой соединения с резьбой и муфтой, также называемые соединениями T&C.

Однако наружный диаметр этих муфт больше, чем у соответствующих труб, и, когда эти узлы используются в обсадных трубах, требуется создание скважин увеличенного диаметра. В случае очень глубоких скважин с глубиной, превышающей 4000 м, обсадная колонна должна будет опускаться глубже в скважину, и известно, что узлы без муфты предпочтительны, как указано в документах US 2992019, EP 0767335 или также US 2013/0015657. В этом случае каждая из труб имеет конец, снабженный охватываемым элементом бурильного замка, и второй конец, снабженный охватывающим элементом бурильного замка. Трубы собираются встык с помощью соединений между охватываемым и охватывающим элементами бурильного замка. Эти узлы обозначаются термином "интегральный".

Для удовлетворения повышенных потребностей в сопротивлении внутреннему и внешнему давлению из документа US 4662659 известно интегральное соединение, оснащенное двумя ступенчатыми резьбовыми частями по обе стороны от промежуточного упора, причем этот промежуточный упор выполнен с отрицательным углом с целью повышения устойчивости к давлению. Кроме того, на одной стороне этого промежуточного упора или с обеих сторон этого промежуточного упора в документе говорится о зонах уплотнения за счет радиального натяга между коническими поверхностями, углы конусности которых немного изменены по отношению друг к другу на угол θ . Согласно данному документу уплотнение предусмотрено исключительно по центру между двумя резьбовыми частями вблизи промежуточного упора. В документе US 2019 0040978 предложена альтернатива документу US 4662659 путем указания конкретной геометрии этих уплотнений по обе стороны от промежуточного упора, изменения формы резьбы и выбора резьбы, имеющей профиль "ласточкин хвост".

Кроме того, из документа US 2017 0101830 известно другое соединение, снабженное двумя ступенчатыми резьбовыми частями по обе стороны от промежуточного упора. Согласно данному документу между резьбовой частью и этим промежуточным упором предусмотрено уплотнение. Формирование этого уплотнения снижает эксплуатационные характеристики и предельные параметры промежуточного упора, поэтому в данном документе говорится о создании дополнительной упорной поверхности на уровне дальнего конца охватываемого элемента бурильного замка. В качестве альтернативы в других документах предлагается изменить резьбу с целью компенсации более низких эксплуатационных характеристик промежуточного упора при сжатии. Таким образом, эти альтернативные резьбы называют резьбами типа "ласточкин хвост" и получают таким образом, чтобы обеспечить сцепление резьбовых частей друг с другом. С этой целью резьбовые части предлагаются с величиной шага, которая различается для опорной стороны и для закладной стороны, вследствие чего винтовая поверхность этой резьбы предполагает ширину зуба, которая постепенно увеличивается при поворотах винтовой поверхности от одного конца к другому, причем углубления, образованные между верхушками этой винтовой поверхности, уменьшаются в той же последовательности. Таким образом, свинчивание резьбовых частей осуществляется до тех пор, пока контакт не будет достигнут между закладными сторонами, а также между опорными

ми сторонами. Хотя соединение этого типа, называемое "самоблокирующейся клиновой резьбой", очень эффективно, его, однако, очень сложно механически обрабатывать и закреплять в момент сборки.

Несмотря на различные решения, которые уже известны, возникла потребность в облегчении механической обработки интегрального соединения, подходящего для формирования обсадных колонн для очень глубоких скважин, тем не менее достигаются характеристики в отношении устойчивости к циклам внутреннего давления и внешнего давления, а также допуски на растяжение и сжатие, но при этом допускаются допуски, присущие механической обработке и сборке в области нефтяных или газовых труб. На практике также стало очевидным, что способ нанесения монтажной смазки на соединения был фактором первого порядка в успешном выполнении соединения. Резьбовое соединение согласно настоящему изобретению позволяет лучше переносить изменения при эксплуатации в момент нанесения некоторого количества смазки.

Преимущество настоящего изобретения заключается в предложении интегрального соединения, которое отвечает техническим требованиям, близким к требованиям, обеспечиваемым муфтами, и которое позволяет иметь эффективность, близкую к эффективности трубы. В частности, соединение согласно настоящему изобретению может иметь эффективность, равную 96% эффективности трубы. Эффективность в целом определяется как соотношение между критическим сечением соединения и поперечным сечением регулярной части трубы между двумя концами компонента. Критическое сечение соединения равно наименьшему критическому сечению охватываемого элемента бурильного замка или охватываемого элемента бурильного замка.

Настоящее изобретение предпочтительно применяется к резьбовым соединениям большого диаметра, в частности к трубам, имеющим наружный диаметр более 177,8 мм (7 дюймов), предпочтительно более 254 мм (10 дюймов), например 406,4 мм (16 дюймов).

В этом отношении в настоящем изобретении предложено соединение с лучшей адгезией.

Объектом настоящего изобретения является резьбовое трубное соединение для бурения и/или эксплуатации углеводородных скважин, содержащее первую трубу, снабженную на первом дальнем конце охватываемым элементом бурильного замка, и вторую трубу, снабженную на втором дальнем конце охватывающим элементом бурильного замка, при этом охватываемый элемент бурильного замка выполнен с возможностью сборки посредством свинчивания с охватывающим элементом бурильного замка, причем первая труба, соединенная со второй трубой, вместе определяют продольную ось X, причем охватываемый элемент бурильного замка содержит в следующем порядке от свободного края первого дальнего конца к телу этой первой трубы: охватываемую внутреннюю уплотнительную поверхность, первую часть с наружной резьбой, охватываемый упорный заплечик, охватываемую промежуточную уплотнительную поверхность и вторую часть с наружной резьбой, причем охватывающий элемент бурильного замка содержит охватывающую внутреннюю уплотнительную поверхность, предназначенную для образования внутреннего уплотнения за счет радиального натяга с первой охватываемой уплотнительной поверхностью, первую часть с внутренней резьбой, которая входит в зацепление с первой частью с наружной резьбой, охватывающей упорный заплечик, находящийся в упорном контакте с охватываемым упорным заплечиком, охватывающую промежуточную уплотнительную поверхность, предназначенную для образования промежуточного уплотнения за счет радиального натяга с охватываемой промежуточной уплотнительной поверхностью, и вторую часть с внутренней резьбой, которая входит в зацепление со второй частью с наружной резьбой, когда соединение собрано, при этом свободный край первого дальнего конца находится на ненулевом осевом расстоянии (d) от охватывающего элемента бурильного замка в собранном положении, причем каждая из частей с наружной резьбой содержит по меньшей мере одну винтовую поверхность, снабженную опорной стороной, вершиной резьбы, закладной стороной, впадиной резьбы, вследствие чего шаг опорной стороны LFLp1 и шаг закладной стороны SFLp1 первой части с наружной резьбой и, соответственно, шаг опорной стороны LFLp2 и шаг закладной стороны SFLp2 второй части с наружной резьбой удовлетворяют следующему условию:

[уравнение 1]

$$SFL_{p1} = LFL_{p1} = SFL_{p2} = LFL_{p2} = k1,$$

где k1 - постоянная для по меньшей мере двух полных витков каждой из винтовых поверхностей.

Предпочтительно каждая из частей с внутренней резьбой может содержать по меньшей мере одну винтовую поверхность, снабженную опорной стороной, вершиной резьбы, закладной стороной, впадиной резьбы, вследствие чего шаг опорной стороны LFLb1 и шаг закладной стороны SFLb1 первой части с наружной резьбой и, соответственно, шаг опорной стороны LFLb2 и шаг закладной стороны SFLb2 второй части с наружной резьбой удовлетворяют следующему условию:

[уравнение 2]

$$SFL_{b1} = LFL_{b1} = SFL_{b2} = LFL_{b2} = k2,$$

где k2 - постоянная для по меньшей мере двух полных витков каждой из винтовых поверхностей.

Предпочтительно постоянные k1 и k2 могут быть равны.

Например, первая часть с внутренней резьбой может содержать кольцевую канавку, причем эта канавка, например, может иметь радиальную ширину, которая меньше, чем постоянная k2, эта канавка на-

ходится на радиальном расстоянии от по меньшей мере двух полных витков винтовой поверхности первой части с внутренней резьбой, определенной выше.

Предпочтительно винтовая поверхность первой части с внутренней резьбой может иметь форму усеченного конуса, или даже исключительно усеченного конуса, например, с конусностью от 5 до 15, предпочтительно от 8 до 12%. В этом случае винтовая поверхность первой части с наружной резьбой может содержать по меньшей мере часть в форме усеченного конуса, имеющую конусность, идентичную конусности винтовой поверхности первой части с внутренней резьбой, и цилиндрическую часть вблизи от внутренней уплотнительной поверхности.

Преимущественно винтовая поверхность второй части с внутренней резьбой может иметь форму усеченного конуса, предпочтительно исключительно усеченного конуса, например, с конусностью от 5 до 15, предпочтительно от 8 до 12%. В этом случае винтовая поверхность второй части с наружной резьбой может также содержать по меньшей мере часть в форме усеченного конуса, имеющую конусность, идентичную конусности винтовой поверхности второй части с внутренней резьбой, и цилиндрическую часть вблизи от промежуточной уплотнительной поверхности.

Предпочтительно внутреннее уплотнение может относиться к типу "тор по конусу", например, причем охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность имеет коническую форму, в то время как охватывающая внутренняя уплотнительная поверхность содержит тороидальную часть. Преимущественно промежуточное уплотнение может относиться к типу, отличному от внутреннего уплотнения. Промежуточное уплотнение может относиться к типу "конус по конусу", причем охватываемая и охватывающая промежуточные уплотнительные поверхности имеют коническую форму, в частности, имеют по существу идентичную конусность.

Более конкретно, охватывающая внутренняя уплотнительная поверхность может содержать в следующем порядке от тела второй трубы ко второму дальнему концу: первую дугу окружности радиусом R1 и вторую дугу окружности радиусом R2, вследствие чего эти радиусы удовлетворяют следующему условию:

[уравнение 3]

$$R1 < R2.$$

Закладная сторона и опорная сторона винтовой поверхности части с наружной резьбой могут содержать прямолинейные части, соответственно соединенные радиусами сопряжения со смежными вершиной резьбы и впадиной резьбы, вследствие чего закладная сторона части с внутренней резьбой может содержать по меньшей мере одну прямолинейную часть, параллельную закладной стороне части с наружной резьбой, как для первой резьбовой части, так и для второй резьбовой части.

Настоящее изобретение также является преимущественным, когда второй дальний конец второй трубы может быть высаженным, т.е. для получения дополнительной толщины. Преимущественно два дальних конца этой второй трубы являются высаженными.

Альтернативно и/или в комбинации второй дальний конец второй трубы может иметь наружный диаметр меньше 103% наружного диаметра этой второй трубы. В этом случае соединение называется "полуравнопроходным".

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения каждая часть с наружной резьбой и, соответственно, часть с внутренней резьбой могут содержать одну винтовую поверхность. В этом случае винтовые поверхности части с наружной резьбой и, соответственно, части с внутренней резьбой могут содержать по меньшей мере 3 витка, предпочтительно по меньшей мере 4 витка. Но в одном варианте первая и/или вторая часть с наружной резьбой могут содержать несколько винтовых поверхностей, причем эти винтовые поверхности проходят вдоль одной и той же части продольной оси, и эти винтовые поверхности такие, что начальные участки этих винтовых поверхностей могут быть, например, равномерно распределены в плоскости, перпендикулярной продольной оси соединения. Шаг каждой из винтовых поверхностей, таким образом, больше, чем в конфигурациях с одной винтовой поверхностью.

Для облегчения сборки вершины резьбы и впадины резьбы частей с наружной и внутренней резьбой могут иметь конусность меньше, чем конусность указанных резьбовых частей, например, они могут быть параллельны продольной оси соединения. В этом случае радиальная высота закладной стороны части с наружной резьбой может быть больше, чем радиальная высота опорной стороны этой части с наружной резьбой.

Другие признаки и преимущества настоящего изобретения станут очевидными при чтении подробного описания, приведенного далее, со ссылкой на прилагаемые графические материалы, на которых показано следующее:

фиг. 1: вид внешнего профиля первой трубы согласно настоящему изобретению;

фиг. 2: вид в продольном разрезе второй трубы согласно настоящему изобретению;

фиг. 3: частичный вид в продольном разрезе охватываемого элемента бурильного замка первой трубы, показанной на фиг. 1;

фиг. 4: частичный вид в продольном разрезе охватываемого элемента бурильного замка второй

трубы, показанной на фиг. 2;

фиг. 5: частичный вид в продольном разрезе охватываемого элемента бурильного замка первой трубы, показанной на фиг. 1, собранного с охватывающим элементом бурильного замка второй трубы, показанной на фиг. 2, этот вид в поперечном разрезе также показывает уровни напряжения, достигаемые внутри соединения после сборки;

фиг. 6: частичный вид в продольном разрезе промежуточной охватывающей безрезьбовой части охватываемого элемента бурильного замка согласно настоящему изобретению;

фиг. 7: частичный вид в продольном разрезе охватываемой безрезьбовой промежуточной части охватываемого элемента бурильного замка согласно настоящему изобретению;

фиг. 8: частичный вид в продольном разрезе охватывающей безрезьбовой внутренней части охватываемого элемента бурильного замка согласно настоящему изобретению;

фиг. 9: частичный вид в продольном разрезе внутренней безрезьбовой охватываемой части охватываемого элемента бурильного замка согласно настоящему изобретению;

фиг. 10: частичный вид в продольном разрезе части с наружной резьбой охватываемого элемента бурильного замка согласно настоящему изобретению;

фиг. 11: частичный вид в продольном разрезе зуба части с наружной резьбой согласно фиг. 10;

фиг. 12: частичный вид в продольном разрезе части с внутренней резьбой охватываемого элемента бурильного замка согласно настоящему изобретению;

фиг. 13: частичный вид в продольном разрезе зуба части с внутренней резьбой согласно фиг. 12;

фиг. 14: частичный вид в продольном разрезе части с наружной резьбой, показанной на фиг. 10, в собранном положении с частью с внутренней резьбой, показанной на фиг. 12;

фиг. 15: частичный вид в продольном разрезе канавки для отвода избыточного давления смазки, образованного в части с внутренней резьбой охватываемого элемента бурильного замка согласно настоящему изобретению.

Как можно видеть на фиг. 1, первая труба 12 содержит тело 120 трубы. Эта первая труба 12 имеет осевую длину несколько метров, например порядка 10-15 м в длину. Она проходит вдоль продольной оси X. На первом осевом конце 121 этой первой трубы 12 первая труба 12 содержит охватываемый элемент 18 бурильного замка. Тело 120 трубы имеет наружный диаметр, обычно обозначаемый номинальным наружным диаметром. С противоположной стороны от первого осевого конца 121 первая труба содержит второй осевой конец 122. Этот второй осевой конец 122 имеет наружный диаметр, больший, чем у тела 120 трубы.

На фиг. 2 показан вид в продольном разрезе второй трубы 14, идентичной первой трубе 12. Эта вторая труба 14 содержит тело 140 трубы, снабженное на первом осевом конце 141 охватываемым элементом бурильного замка, а на втором осевом конце 142 - охватывающим элементом 16 бурильного замка. Охватываемый элемент бурильного замка изготовлен на внешней поверхности первого осевого конца 121. Второй осевой конец 142 имеет наружный диаметр больше, чем у тела 140 трубы. Охватывающий элемент бурильного замка изготовлен на внутренней поверхности этого второго конца.

В дальнейшем в описании будет описано соединение, образованное между охватывающим элементом 16 бурильного замка второй трубы 14 и элементом 18 бурильного замка первой трубы 12. Например, на фиг. 5 показано соединение согласно настоящему изобретению. Это соединение называется полуравнопроходным, поскольку наружный диаметр на уровне образованного соединения составляет менее 105% или даже 103% наружного диаметра тел 120, 140 труб. Настоящее изобретение применимо к соединениям, которые могут быть равнопроходными, а именно для которых наружный диаметр на уровне соединения составляет менее 101% от номинального наружного диаметра OD_{nom} .

В описанном примере первая и вторая трубы 12 и 14 идентичны, и каждая содержит охватываемый элемент 18 бурильного замка на соответствующем первом конце 121 и 141, и каждая также содержит охватывающий элемент 16 бурильного замка на соответствующем втором конце 122 и 142.

Перед изготовлением охватываемого элемента 18 бурильного замка первому дальнему концу 121, 141 придают коническую форму. Придание конической формы приводит к уменьшению внутреннего диаметра первого конца 121, 141, начиная с сужения 13, образующего переход между телом трубы и первым концом. Предпочтительно внутренний диаметр первого конца ограничен по отношению к номинальному внутреннему диаметру тела трубы таким образом, что после сборки соединения внутренний диаметр на уровне соединения превышает 94% номинального внутреннего диаметра. Первый конец 121, 141 проходит между свободным краем 19 и телом трубы. Этот первый конец с охватываемым элементом 18 бурильного замка представляет собой определенную осевую длину порядка 20-30 см между свободным краем 19 и телом трубы.

Аналогичным образом перед изготовлением охватываемого элемента 16 бурильного замка на уровне второго дальнего конца 122, 142 второй конец подвергается диаметральному расширению. Как показано на фиг. 1 и 2, диаметральное расширение 15 осуществляется на расстоянии от свободного края 17 второго осевого конца 122, 142 таким образом, что второй осевой конец 122, 142 представляет определенную осевую длину порядка 20-30 см между свободным краем 17 и телом трубы.

Охватываемый элемент 18 бурильного замка содержит две резьбовые части - 18a и 18b соответст-

венно. Эти две резьбовые части проходят вдоль двух последовательных частей вдоль оси X. Они отделены друг от друга безрезьбовой промежуточной частью 20. Части 18a и 18b с наружной резьбой смещены в радиальном направлении относительно оси X. Фактически, охватываемый элемент 18 бурильного замка содержит охватываемый упорный заплечик 22 в безрезьбовой промежуточной части 20.

Охватываемый промежуточный упор 22 образует кольцевую поверхность в плоскости, перпендикулярной оси X. Предпочтительно каждая часть 18a и 18b с наружной резьбой содержит одну верхушку, образующую одну винтовую поверхность. Предпочтительно шаг винтовых поверхностей каждой из резьбовых частей одинаков.

Между свободным краем 19 и первой резьбовой частью 18a охватываемая безрезьбовая внутренняя часть 30 содержит внутреннюю уплотнительную поверхность 25.

Между охватываемым промежуточным упором 22 и второй частью 18b с наружной резьбой охватываемая безрезьбовая промежуточная часть 20 содержит промежуточную уплотнительную поверхность 26.

Охватывающий элемент 16 бурильного замка содержит две резьбовые части - 16a и 16b соответственно. Эти две резьбовые части проходят вдоль двух последовательных частей вдоль оси X. Они отделены друг от друга безрезьбовой промежуточной частью 21. Части 16a и 16b с внутренней резьбой смещены в радиальном направлении относительно оси X. Фактически, охватывающий элемент 16 бурильного замка содержит промежуточный упорный заплечик 24 в безрезьбовой промежуточной части 21. Охватывающий промежуточный упор 24 образует кольцевую поверхность в плоскости, перпендикулярной оси X. Предпочтительно каждая часть 18a и 18b с наружной резьбой содержит одну верхушку, образующую одну винтовую поверхность. Предпочтительно шаг винтовых поверхностей каждой из частей с наружной и внутренней резьбой одинаков.

Между телом 14 трубы и первой резьбовой частью 16a охватывающий элемент 16 бурильного замка содержит охватывающую безрезьбовую внутреннюю часть 31, содержащую внутреннюю уплотнительную поверхность 27.

Между промежуточной опорной поверхностью 24 и второй частью 16b с внутренней резьбой охватывающая безрезьбовая промежуточная часть 21 содержит промежуточную уплотнительную поверхность 29.

В собранном положении соединения, показанном на фиг. 5, свободный край 19 остается на ненулевом осевом расстоянии "d", например, более 0,1 мм, от охватывающего элемента 16 бурильного замка;

винтовая поверхность первой части 18a с наружной резьбой входит в зацепление с винтовой линией первой части 16a с внутренней резьбой,

винтовая поверхность второй части 18b с наружной резьбой входит в зацепление с винтовой линией второй части 16b с внутренней резьбой,

охватываемый промежуточный упор 22 входит в контакт с охватывающим промежуточным упором 24,

охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность 25 входит в радиальный контакт с натягом с охватывающей внутренней уплотнительной поверхностью 26 для образования внутреннего уплотнения металл-металл, защищающего соединение от нагрузки внутреннего давления,

охватываемая промежуточная уплотнительная поверхность 27 входит в радиальный контакт с натягом с охватывающей промежуточной уплотнительной поверхностью 28 для образования промежуточного уплотнения металл-металл, защищающего соединение от нагрузки внешнего давления,

свободный край 17 охватывающего элемента бурильного замка находится на ненулевом осевом расстоянии от охватываемого элемента бурильного замка.

Соединение согласно настоящему изобретению содержит единственный осевой упор, ортогональный оси X, полученный посредством контакта между промежуточными упорами 22 и 24, и его основная функция заключается в том, чтобы отмечать конец свинчивания соединения.

Радиальная толщина поверхностей, контактирующих с этими промежуточными упорами 22 и 24, составляет менее 20% поперечного сечения трубы 120 или 140, причем это поперечное сечение ограничено диапазоном от OD_{nom} до ID_{nom}. Изготовление охватываемого и охватывающего элементов бурильного замка допускает производственный допуск, который позволяет использовать любую совместимую трубу, размеры OD_{nom} и ID_{nom} которой соответствуют допускам спецификаций, установленных в стандартах API. Тем не менее, промежуточный упор позволяет воспринимать часть сжимающих напряжений соединения, но его размеры не позволяют воспринимать всю сжимающую нагрузку.

По обе стороны от внутреннего уплотнения металл-металл охватываемая безрезьбовая внутренняя часть 30 находится на ненулевом радиальном расстоянии от охватывающей безрезьбовой внутренней части 31. Внутреннее уплотнение металл-металл выполнено на расстоянии от краев этой внутренней безрезьбовой зоны 30-31.

За исключением уровня контактов, полученных для промежуточного уплотнения металл-металл и для упора упорных заплечиков 22 и 24, охватываемая безрезьбовая промежуточная часть 20 находится на ненулевом радиальном расстоянии от охватывающей безрезьбовой внутренней части 21.

Промежуточное уплотнение металл-металл выполнено на расстоянии от краев этой промежуточной

безрезьбовой зоны 20-21.

Как видно на фиг. 2, внутреннее уплотнение металл-металл воспринимает большие напряжения, чем промежуточное уплотнение. Промежуточное уплотнение полезно для обеспечения герметичности под воздействием внешнего давления. Таким образом, между второй резьбовой частью и промежуточным упором промежуточное уплотнение имеет толщину охватываемого элемента 18 бурильного замка и охватываемого элемента 16 бурильного замка на уровне этой уплотнительной поверхности, что позволяет ему иметь высокую стабильность контакта, в частности, при высокой растягивающей нагрузке отсутствует отделение поверхностей.

Более подробно, на фиг. 6 и 7, согласно варианту осуществления изобретения промежуточное уплотнение относится к типу "конус по конусу". Охватываемая промежуточная уплотнительная поверхность 27 и охватывающая промежуточная уплотнительная поверхность 28 имеют форму усеченного конуса с идентичной конусностью.

В качестве альтернативы эти поверхности 27 и 28 могут иметь по существу идентичную конусность в том смысле, что конусность одной может отклоняться на +/-1% от конусности другой. Например, конусность этих поверхностей 27 и 28 составляет от 15 до 25%, например, равна 20 +/- 1%, или также обе равны 20%.

Охватываемая промежуточная уплотнительная поверхность 27 соединена с одной стороны выпукло-вогнутой изогнутой частью 32 с цилиндрической поверхностью 33, смежной со второй резьбовой частью 18b, и соединена с другой стороны другой выпукло-вогнутой изогнутой частью 34 с другой цилиндрической поверхностью 35, смежной с охватываемым упорным заплечиком 22. Цилиндрическая поверхность 35 соединена с охватываемым упорным заплечиком 22 посредством радиуса 36 сопряжения. Выпукло-вогнутые изогнутые части 32 и 34 расположены таким образом, что они являются выпуклыми на стороне, смежной с охватываемой промежуточной уплотнительной поверхностью 27, и вогнутыми, когда они соединяются соответственно с цилиндрическими поверхностями, к которым они соответственно примыкают. На практике выпукло-вогнутые изогнутые части 32 и 34 таковы, что наружный диаметр на уровне цилиндрической поверхности 33, смежной с резьбовой частью 18b, больше, чем диаметр цилиндрической поверхности 35, смежной с охватываемым упором 22.

Аналогично, охватывающая промежуточная уплотнительная поверхность 28 соединена с одной стороны выпукло-вогнутой изогнутой частью 37 с цилиндрической поверхностью 38, смежной со второй частью 16b с внутренней резьбой, и соединена с другой стороны другой выпукло-вогнутой изогнутой частью 39 с другой цилиндрической поверхностью 40, смежной с охватывающим упорным заплечиком 24. Выпукло-вогнутые изогнутые части 37 и 39 расположены таким образом, что они являются выпуклыми на стороне, смежной с охватывающей промежуточной уплотнительной поверхностью 28, и вогнутыми, когда они соединяются соответственно с цилиндрическими поверхностями, к которым они соответственно примыкают. На практике выпукло-вогнутые изогнутые части 37 и 39 таковы, что внутренний диаметр на уровне цилиндрической поверхности 38, смежной с частью 14b с внутренней резьбой, больше, чем диаметр цилиндрической поверхности 40, смежной с охватывающим упором 24.

Выпукло-вогнутые поверхности 32, 34, 37 и 39 соединены по касательной. Выпукло-вогнутые поверхности 32, 34, 37 и 39 содержат изогнутые части, соединенные по касательной друг с другом, с радиусом изгиба от 3 до 30 мм.

Более конкретно, цилиндрическая поверхность 40 соединена с охватывающим упорным заплечиком 24 вогнутым переходом 41. Вогнутый переход 41 имеет часть в форме усеченного конуса, соединенную по касательной с радиусом изгиба менее 1 мм, причем радиус изгиба вогнутого перехода 41 проходит по касательной к охватываемому упорному заплечику 42, чтобы избежать концентрации напряжений вблизи охватываемого упорного заплечика 24.

Чтобы избежать концентрации напряжений в непосредственной близости от охватываемого упорного заплечика 22, охватываемый упорный заплечик соединен с помощью вогнутого перехода 42 с большим радиусом с цилиндрической поверхностью 43, смежной с концом первой части 18a с наружной резьбой.

Подобным образом охватывающий упорный заплечик 24 соединен радиусом 44 сопряжения со смежной цилиндрической поверхностью 45 первой части 16a с внутренней резьбой. На практике, учитывая, что соответственно части с наружной и внутренней резьбой получены посредством механической обработки, цилиндрическая поверхность 45 примыкает к канавке 46, имеющей цилиндрическое дно, для извлечения инструмента для механической обработки резьбы первой части 16a с внутренней резьбой. Канавка, имеющая цилиндрическое дно 46, образует внутренний диаметр, больший, чем внутренний диаметр цилиндрической поверхности 45. Канавка 46 содержит поверхность в форме усеченного конуса, соединяющуюся с цилиндрической поверхностью 45.

Более подробно, на фиг. 8 и 9 согласно варианту осуществления изобретения внутреннее уплотнение относится к типу "тор по конусу". В этом примере охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность 25 имеет форму усеченного конуса, а охватывающая внутренняя уплотнительная поверхность 26 является тороидальной. На фиг. 8 охватывающая внутренняя уплотнительная поверхность 26 представляет собой кривую, полученную несколькими соседними выпуклыми изогнутыми частями, касатель-

ными друг к другу. В одном примере она содержит две соседние изогнутые части, с радиусами R1 и R2 соответственно, вследствие чего изогнутая часть R1 находится ближе к телу 140 трубы, чем изогнутая часть R2, и радиус R1 меньше, чем радиус R2. Предпочтительно радиусы R1 и R2 больше 30 мм. Эта тороидальная охватывающая внутренняя уплотнительная поверхность 26 соединена на стороне тела 140 трубы с цилиндрической поверхностью 47 с помощью радиуса 48 кривизны, имеющего радиус, по меньшей мере в 3 раза меньший, чем радиусы R1 и R2. На противоположной стороне он соединен со смежной цилиндрической поверхностью 50 первой части 16а с внутренней резьбой выпукло-вогнутой поверхностью, которая по касательной соединена, с одной стороны, с цилиндрической поверхностью 50, а с другой стороны, с уплотнительной поверхностью 26.

Для вхождения в контакт с охватывающей внутренней уплотнительной поверхностью 26 охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность 25 содержит часть в форме усеченного конуса, имеющую конусность от 10 до 20%. На уровне внутреннего периметра охватываемого элемента 12 бурильного замка внутренняя поверхность охватываемого элемента бурильного замка имеет фаску 51, вследствие чего внутренняя безрезьбовая часть 30 имеет меньшую толщину, и даже если внутреннее уплотнение вызывает внутреннее отклонение уплотнительного кольца, образованного между внутренней уплотнительной поверхностью 25 и свободным концом 19, охватываемый элемент 18 бурильного замка существенно не изменяет диаметр внутреннего прохода, называемый проходным диаметром соединения.

Охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность 25 соединена по касательной с выпуклой поверхностью 52, имеющей большой радиус изгиба, которая сама соединена поверхностью 53 контакта на свободном крае 19, который образован перпендикулярно оси X. На стороне, противоположной свободному краю 19, охватываемая уплотнительная поверхность соединена по касательной с цилиндрической поверхностью 54 до начала резьбы первой части 18а с наружной резьбой. Эта цилиндрическая поверхность 54 позволяет запустить инструменты для механической обработки резьбы.

Главный радиус R2 образован с целью преодоления напряжения и пластификации охватываемого элемента 16 бурильного замка над внутренним уплотнением. Таким образом, этот радиус R2 предназначен для обеспечения уплотнения при нагрузке, когда контактное давление очень велико. Когда контактное давление более умеренное, отклонение уплотнительного кольца охватываемого элемента бурильного замка также более умеренное, и, таким образом, положение точки уплотнения перемещается внутрь тела 140 трубы, вследствие чего значение радиуса R2 больше не требуется. Таким образом, для этих рабочих точек используется радиус R1 меньше, чем радиус R2. Радиальная толщина уплотнительной поверхности по оси X такова, что позволяет использовать меньшую толщину для механической обработки этой охватываемой внутренней уплотнительной поверхности 26. Следовательно, механическая обработка охватываемого элемента бурильного замка может выполняться на трубах независимо от их наружного диаметра, и эффективность охватываемого элемента бурильного замка автоматически увеличивается для данной толщины трубы. Радиус 48 изгиба также позволяет уменьшить толщину материала, необходимую для механической обработки охватываемого элемента бурильного замка, и, таким образом, повысить эффективность соединения для данной толщины трубы.

Во время свинчивания происходит первый контакт охватываемой внутренней уплотнительной поверхности 25 с радиусной частью R2. Поскольку этот первый контакт может быть жестким, факт наличия повышенного значения R2 позволяет ограничить риск истирания. После установления контакта оставшуюся часть свинчивания завершают путем перемещения контакта между охватываемой внутренней уплотнительной поверхностью 25 к радиусной части R1. Эта особая конфигурация охватываемой внутренней уплотнительной поверхности 26 предназначена для улучшения характеристик и числа свинчиваний-развинчиваний, которые может выдерживать соединение согласно настоящему изобретению.

В остальной части описания будут описаны резьбы.

В варианте осуществления, показанном на фиг. 1-9, все части 18а, 18b с наружной резьбой и части 16а и 16b с внутренней резьбой, соответственно, содержат одну винтовую поверхность.

Однако в одном варианте, не выходящем за пределы объема настоящего изобретения, часть с наружной резьбой и ее дополняющая резьбовая часть могут содержать одинаковое число винтовых поверхностей, превышающее 2 винтовые поверхности.

Винтовая поверхность определяется винтовым выступом. Винтовая поверхность содержит опорную сторону, вершину резьбы, закладную сторону и впадину резьбы. Впадина резьбы, как и вершина резьбы, образована между опорной стороной и закладной стороной, вследствие чего

на винтовой поверхности, проходящей по охватываемому элементу 18 бурильного замка, впадина резьбы находится радиально ближе к продольной оси X, чем вершина резьбы;

на винтовой поверхности, проходящей по охватываемому элементу 16 бурильного замка, впадина резьбы этой винтовой поверхности находится радиально дальше от продольной оси X, чем вершина резьбы.

Профиль продольного сечения этого винтового выступа является по существу трапецевидным, поскольку вершина резьбы проходит в осевом направлении между опорной стороной и закладной стороной соответственно.

На фиг. 10 представлена часть 74 в форме усеченного конуса на двух витках винтовой поверхности

первой и второй частей 18a, 18b с наружной резьбой соответственно. Описанная ниже структура винтовой поверхности воспроизводится по меньшей мере на нескольких витках, по меньшей мере на 3 витках, при сохранении размеров, форм и пропорций, изложенных ниже.

Винтовая поверхность части с наружной резьбой содержит опорную сторону LFp, вершину 60 резьбы, закладную сторону SFp и впадину 61 резьбы. Впадина 60 и вершина 61 образуют сегменты, параллельные продольной оси X. Впадина 61 резьбы соединена вогнутым криволинейным переходом 62 с закладной стороной SFp. Вогнутый криволинейный переход 62 таков, что впадина 61 резьбы и закладная сторона SFp образуют угол более 90° . Закладная сторона SFp прямолинейна и образует угол 63 по отношению к нормали N к продольной оси X. Впадина 61 резьбы соединена вторым вогнутым криволинейным переходом 64 с опорной стороной LFp на конце впадины 61 резьбы, противоположном тому, которым эта впадина резьбы соединяется с закладной стороной SFp. Вторым вогнутым криволинейным переходом 64 таков, что впадина 61 резьбы и опорная сторона LFp образуют угол менее 90° . Опорная сторона LFp прямолинейна и образует угол 65 по отношению к нормали N к продольной оси X.

Угол 65 равен углу 63 плюс или минус допуски на механическую обработку, а именно $\pm 0,25^\circ$. Закладные стороны SFp выбирают параллельно опорным сторонам LFp, вследствие чего закладные стороны принимают на себя часть нагрузки, наблюдаемой в соединении при определенных сжимающих напряжениях.

Угол 63 составляет, например, от 1 до 5, предпочтительно от 1,25 до $3,75^\circ$.

Более подробно, на фиг. 11, криволинейный переход 62 контролируется, чтобы можно было гарантировать радиальный размер закладной стороны SFp. Однако впадина 61 резьбы может содержать ступеньку с двумя ступенчатыми цилиндрическими частями 61a и 61b, вследствие чего цилиндрическая часть 61a, непосредственно смежная с криволинейным переходом 62, находится в радиальном направлении дальше от продольной оси X, чем цилиндрическая часть 61b, смежная с опорной стороной LFp.

Вершина 60 соединена с закладной стороной SFp выпуклым криволинейным переходом 66. Эта вершина 60 соединена с опорной стороной LFp сложной выпуклой поверхностью 67, содержащей часть 68 в форме усеченного конуса, смежную с цилиндрической частью вершины 60, причем эта часть 68 в форме усеченного конуса соединена радиусом 69 кривизны с опорной стороной LFp.

Радиальная высота закладной стороны SFp больше, чем радиальная высота опорной стороны LFp, вследствие чего часть с наружной резьбой содержит часть в форме усеченного конуса в направлении, в котором воображаемая линия PL (средняя линия), проходящая через центр следующих друг за другом закладных сторон SFp и опорных сторон LFp винтовой поверхности определяет угол 70 конусности по отношению к продольной оси X. На этой части в форме усеченного конуса винтовая поверхность образована между поверхностями двух воображаемых огибающих поверхностей 71 и 72 в форме усеченного конуса, соответственно параллельных средней линии PL. Воображаемая нижняя огибающая поверхность 71 проходит через точки касания между впадиной 61 резьбы и криволинейным переходом 62, смежным с закладной стороной SFp, каждого витка винтовой поверхности в этой части в форме усеченного конуса. Воображаемая верхняя огибающая поверхность 72 проходит через точку касания между выпуклым криволинейным переходом 66, смежным с закладной стороной SFp, и вершиной 60 резьбы.

Угол 70 таков, что конусность этой части 18a и/или 18b с наружной резьбой составляет от 5 до 15, предпочтительно от 8 до 12%.

Винтовая поверхность содержит, помимо описанной выше части 74 в форме усеченного конуса, цилиндрическую часть 73 на конце винтовой поверхности, причем эта цилиндрическая часть 73 имеет более одного витка, предпочтительно менее трех витков, в частности, менее двух витков. В описанном варианте осуществления этот конец винтовой поверхности, имеющий цилиндрическую форму 73, размещен на стороне конца части с наружной резьбой, который находится ближе всего в осевом направлении к свободному краю 19. В частности, каждая из первой части 18a с наружной резьбой и второй части 18b с наружной резьбой содержит такую цилиндрическую часть 73, смежную с частью 74 в форме усеченного конуса винтовой поверхности.

Цилиндрическая часть 73 винтовой поверхности такова, что последовательные впадины 61 этой цилиндрической части параллельны и коллинеарны друг другу. Воображаемая нижняя огибающая поверхность 71 становится параллельной оси X в этой цилиндрической части, в то время как воображаемая верхняя огибающая поверхность 72 сохраняет ту же конусность для части 74 в форме усеченного конуса и цилиндрической части 73.

Винтовая поверхность части с наружной резьбой содержит, кроме того, часть 75 со сбегом резьбы на противоположном конце части с наружной резьбой, а именно на конце винтовой поверхности, который наиболее удален в осевом направлении от свободного края 19. В частности, каждая из первой части 18a с наружной резьбой и второй части 18b с внутренней резьбой содержит такую часть 75 со сбегом резьбы, смежную с частью 74 в форме усеченного конуса, причем часть 74 в форме усеченного конуса расположена между частью 75 со сбегом резьбы и цилиндрической частью 73. Эта часть 75 со сбегом резьбы такова, что витки резьбы имеют меньшую высоту, и последовательные вершины 60 этой части 75 со сбегом резьбы параллельны и коллинеарны друг другу. Воображаемая верхняя огибающая поверх-

ность 72 становится параллельной оси X в этой части 75 со сбегом резьбы. Эта часть 75 со сбегом резьбы содержит более одного витка, предпочтительно менее трех витков, в частности, менее двух витков. В части 75 со сбегом резьбы воображаемая нижняя огибающая поверхность 71 имеет конусность, идентичную конусности, наблюдаемой в части 74 в форме усеченного конуса.

Наличие цилиндрической части 73 позволяет ограничить радиальный объем части с наружной резьбой толщиной стенки, на которой образован охватываемый элемент бурильного замка. Следовательно, может быть гарантирована большая минимальная толщина на уровне внутренней 25 и промежуточной 27 охватываемых уплотнительных поверхностей соответственно. За счет такой конфигурации части с наружной резьбой улучшаются характеристики уплотнения.

Кроме того, наличие цилиндрической части 73, смежной с частью 74 в форме усеченного конуса, позволяет избежать любого внезапного изменения жесткости охватываемой безрезьбовой внутренней части 30. Такая конфигурация позволяет избежать преждевременной пластификации зон соединения, воспринимающих максимум напряжений.

Винтовая поверхность части с наружной резьбой такова, что шаг закладной стороны SF_{Lp} постоянен в части 74 в форме усеченного конуса, а также постоянен в части 75 со сбегом резьбы. Шаг, в частности, одинаков в части 74 в форме усеченного конуса и в части 75 со сбегом резьбы. Шаг закладной стороны LFL_p одинаков в части 74 в форме усеченного конуса и части 75 со сбегом резьбы, причем этот шаг LFL_p также равен шагу закладной стороны SF_{Lp}.

Шаг закладной стороны SF_{Lp1} и шаг опорной стороны LFL_{p1} равны постоянной k₁ для первой части 18a с наружной резьбой. Подобным образом для второй части 18b с наружной резьбой шаг закладной стороны SF_{Lp2} и шаг опорной стороны LFL_{p2} равны той же постоянной k₁. Согласно настоящему изобретению эта постоянная k₁ составляет, например, от 5 до 20, предпочтительно от 6 до 8 мм.

Предпочтительно ширина W_{tp} зуба части с наружной резьбой, определяемая как результат измерения по продольной оси X расстояния между закладной стороной SF_p и опорной стороной LF_p в точках пересечения со средней линией PL такова, что этот зуб имеет ширину менее половины постоянной k₁, в частности менее 40% от значения k₁.

На фиг. 12 показана часть 94 в форме усеченного конуса на двух витках винтовой поверхности первой и второй частей 16a, 16b с внутренней резьбой соответственно. Описанная ниже структура винтовой поверхности воспроизводится по меньшей мере на нескольких витках, по меньшей мере на 3 витках, при сохранении размеров, форм и пропорций, изложенных ниже.

Винтовая поверхность части с внутренней резьбой содержит опорную сторону LF_b, вершину 80 резьбы, закладную сторону SF_b и впадину 81 резьбы. Впадина 80 и вершина 81 образуют сегменты, параллельные продольной оси X. Впадина 81 резьбы соединена вогнутым криволинейным переходом 82 с закладной стороной SF_b. Вогнутый криволинейный переход 82 таков, что впадина 81 резьбы и закладная сторона SF_b образуют угол более 90°. Таким же образом, как и на уровне впадины 61 наружной резьбы, впадина 81 резьбы может содержать ступеньку с двумя ступенчатыми цилиндрическими частями 81a и 81b, вследствие чего цилиндрическая часть 81a, непосредственно смежная с вогнутым криволинейным переходом 82, находится радиально ближе относительно продольной оси X, чем цилиндрическая часть 81b этой впадины 81, смежная с опорной стороной LF_p.

Закладная сторона SF_p прямолинейна и образует угол 83 по отношению к нормали N к продольной оси X. Впадина 81 резьбы соединена вторым вогнутым криволинейным переходом 84 с опорной стороной LF_b на конце впадины 81 резьбы, противоположном тому, которым эта впадина резьбы соединяется с закладной стороной SF_b. Вторым вогнутым криволинейным переходом 84 таков, что впадина 81 резьбы и опорная сторона LF_b образуют угол менее 90°. Опорная сторона LF_b прямолинейна и образует угол 85 по отношению к нормали N к продольной оси X.

Угол 85 равен углу 83 плюс-минус допуски на механическую обработку, а именно +/-0,25°.

Угол 85 равен углу 65 плюс-минус допуски на механическую обработку, а именно +/-0,25°.

Угол 83 равен углу 63 плюс-минус допуски на механическую обработку, а именно +/-0,25°.

Угол 83 составляет, например, от 1 до 5, предпочтительно от 1,25 до 3,75°.

Как показано более подробно на фиг. 13, вершина 80 соединена с закладной стороной SF_b выпуклым криволинейным переходом 86. Криволинейный переход 86 содержит радиус 86a сопряжения по касательной с закладной стороной SF_b, радиус 86c сопряжения по касательной с вершиной 80 и поверхность 86b в форме усеченного конуса, соединенную по касательной с обеих сторон с соединениями 86a и 86c по касательной. Поверхность 86b в форме усеченного конуса образует тупой угол 86d, например открытый угол, составляющий от 190° до 240°, предпочтительно порядка 225°, относительно закладной стороны SF_b. Поверхность 86b в форме усеченного конуса образует фаску, облегчающую вставку охватываемого элемента бурильного замка в охватываемый элемент бурильного замка. Эта поверхность 86b в форме усеченного конуса уменьшает осевую ширину вершины 80 таким образом, что между этой поверхностью 86b в форме усеченного конуса и дополняющим профилем части с наружной резьбой образуется дополнительный объем; причем этот объем также позволяет способствовать снижению давления смазки в резьбе.

Эта вершина 80 соединена с опорной стороной LFb сложной выпуклой поверхностью 87, содержащей часть 88 в форме усеченного конуса, смежную с цилиндрической частью вершины 80, причем эта часть 88 в форме усеченного конуса соединена радиусом 89 кривизны с опорной стороной LFb.

Радиальная высота опорной стороны LFb больше, чем радиальная высота закладной стороны SFb, вследствие чего часть с внутренней резьбой содержит часть в форме усеченного конуса в направлении, в котором воображаемая линия PL (средняя линия), проходящая через центр следующих друг за другом закладных сторон SFb и опорных сторон LFb винтовой поверхности, образует угол 90 конусности по отношению к продольной оси X.

Конусность этой воображаемой линии такая же, как и конусность, определяемая частью 75 в форме усеченного конуса части с наружной резьбой, причем эти линии PL накладываются друг на друга в собранном положении соединения, как можно видеть на фиг. 14.

В этой части 94 в форме усеченного конуса части с внутренней резьбой винтовая поверхность образована между поверхностями двух воображаемых огибающих поверхностей 91 и 92 в форме усеченного конуса, соответственно параллельных средней линии PL. Воображаемая верхняя огибающая поверхность 91 проходит через точки касания между серединой 81 резьбы и криволинейным переходом 82, смежным с закладной стороной SFb, каждого витка винтовой поверхности в этой части 94 в форме усеченного конуса. Воображаемая верхняя огибающая поверхность 92 проходит через точку касания между выпуклым криволинейным переходом 86, смежным с закладной стороной SFb, и вершиной 80 резьбы.

Угол 90 таков, что конусность этой части 16a и/или 16b с внутренней резьбой составляет от 5 до 15, предпочтительно от 8 до 12%.

Винтовая поверхность содержит, помимо описанной выше части 94 в форме усеченного конуса, часть со сбегом резьбы на конце винтовой поверхности, причем эта часть 95 со сбегом резьбы имеет более одного витка, предпочтительно менее трех витков, в частности, менее двух витков. В описанном варианте осуществления этот конец винтовой поверхности размещен на стороне конца части с внутренней резьбой, которая наиболее удалена в осевом направлении от свободного края 17 охватывающего элемента бурильного замка. В частности, каждая из первой части 16a с внутренней резьбой и второй части 16b с внутренней резьбой содержит такую часть 95 со сбегом резьбы, смежную с частью 94 в форме усеченного конуса винтовой поверхности.

Часть 95 со сбегом резьбы такова, что витки резьбы имеют меньшую высоту, и последовательные вершины 80 этой части 95 со сбегом резьбы параллельны и коллинеарны друг другу. Воображаемая нижняя огибающая поверхность 92 становится параллельной оси X на этой части 95 со сбегом резьбы. В части 95 со сбегом резьбы воображаемая верхняя огибающая поверхность 91 имеет конусность, идентичную конусности, наблюдаемой в части 94 в форме усеченного конуса.

В собранном положении охватываемого элемента бурильного замка с охватывающим элементом бурильного замка часть 95 со сбегом резьбы части с наружной резьбой входит в зацепление с цилиндрической частью 73 соответствующей части с наружной резьбой.

В варианте осуществления согласно настоящему изобретению часть 94 в форме усеченного конуса части с внутренней резьбой содержит больше вершушек, чем часть в форме усеченного конуса 74 части с наружной резьбой. Фактически, часть 75 со сбегом резьбы части с наружной резьбой входит в зацепление с частью в форме усеченного конуса части с внутренней резьбой в собранном положении соединения.

В частности, часть 18a с наружной резьбой может содержать больше вершушек, чем вторая часть 18b с наружной резьбой.

В частности, первая часть 16a с внутренней резьбой может содержать больше вершушек, чем вторая часть 16b с внутренней резьбой.

В частности, часть 74 в форме усеченного конуса первой части 18a с наружной резьбой может содержать больше вершушек, чем часть 74 в форме усеченного конуса второй части 18b с наружной резьбой.

В частности, часть 94 в форме усеченного конуса первой части 16a с внутренней резьбой может содержать больше вершушек, чем часть 94 в форме усеченного конуса второй части 16b с внутренней резьбой.

Винтовая поверхность части с внутренней резьбой такова, что шаг закладной стороны SFLb является постоянным в части 94 в форме усеченного конуса, а также постоянен в части 95 со сбегом резьбы. Шаг, в частности, одинаков в части 94 в форме усеченного конуса и в части 95 со сбегом резьбы. Шаг опорной стороны LFLb одинаков в части 94 в форме усеченного конуса и части 95 со сбегом резьбы, причем этот шаг LFLb также равен шагу закладной стороны SFLb.

Шаг закладной стороны SFLb1 и шаг опорной стороны LFLb1 равны постоянной k2 для первой части 16a с внутренней резьбой. Подобным образом для второй части 16b с внутренней резьбой шаг закладной стороны SFLb2 и шаг опорной стороны LFLb2 равны этой же постоянной k2.

Согласно настоящему изобретению постоянные k1 и k2 равны друг другу, и они также могут обозначаться свободным членом k. С учетом допусков на механическую обработку в рамках настоящего изобретения k1 равна k2 +/- 0,05 мм.

Предпочтительно ширина W_{tb} зуба части с внутренней резьбой, определяемая как результат измерения по продольной оси X расстояния между упорной поверхностью S_{Fb} и опорной стороной L_{Fb} в точках пересечения со средней линией PL , такова, что этот зуб имеет ширину, превышающую ширину W_{tp} зуба части 74 в форме усеченного конуса части с наружной резьбой.

На практике, согласно настоящему изобретению и в показанном примере важно определение зубьев частей с наружной резьбой, имеющих ширину меньше, чем ширина зубьев частей с внутренней резьбой. Например, в показанном варианте осуществления

[уравнение 4]

$$50\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 80\%$$

и [уравнение 5]

$$W_{tp} + W_{tb} < k.$$

Предпочтительно [уравнение 6]

$$55\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 75\%$$

или даже [уравнение 7]

$$67\% < \frac{W_{tp}}{W_{tb}} < 73\%$$

Поскольку зубья части с внутренней резьбой больше, чем зубья части с наружной резьбой, охватывающие зубья, таким образом, имеют меньшую тенденцию к пластификации. Теперь в соединении согласно настоящему изобретению напряжения более отчетливо видны в зоне 99, проходящей между первыми зубьями, зацепленными на стороне внутренних уплотнительных поверхностей 25 и 26, и указанными уплотнительными поверхностями (см. фиг. 5).

Линии максимального сдвига, которые могут быть смоделированы в соединении согласно настоящему изобретению при сжимающей нагрузке, показаны под углом 45° по отношению к вершине 60 на стороне, где эта вершина соединяется с закладной стороной S_{Fp} . И наоборот, максимальные линии сдвига, которые могут быть смоделированы в соединении согласно настоящему изобретению при растягивающей нагрузке, показаны под углом 45° по отношению к вершине 60 на стороне, где эта вершина соединена с опорной стороной L_{Fp} . Пересечение этих смоделированных линий сдвига позволяет определить треугольник максимальных напряжений над каждой вершиной части с наружной резьбой. Эти треугольники локализируют зоны, в которых риски пластификации внутри охватываемого элемента бурильного замка максимальны. Авторы настоящего изобретения обнаружили, что для поддержания эффективности соединения важно ограничить высоту этих треугольников, таким образом, выбрать соотношение, как заявлено, для ограничения пластификации в охватываемом элементе бурильного замка, который имеет ограниченную толщину из-за конструкции интегрального соединения.

В собранном положении, как показано на фиг. 14, опорные стороны L_{Fp} и L_{Fb} находятся в контакте, между закладными сторонами S_{Fp} и S_{Fb} поддерживается осевой зазор 100. Подобным образом радиальный зазор 101 поддерживается между вершинами 60 части с наружной резьбой и впадинами 81 части с внутренней резьбой, в то время как воображаемые линии 71 и 91 накладываются друг на друга, поскольку вершина 80 части с внутренней резьбой входит в контакт с впадиной 61 резьбы части с наружной резьбой.

Радиальный зазор 101 также позволяет ограничить размеры зон максимальных напряжений в охватываемом элементе бурильного замка.

Например, зазоры 100 и 101 составляют от 0,1 до 0,5, предпочтительно от 0,2 до 0,3 мм. При таком осевом зазоре ширина зуба удовлетворяет следующему условию:

[уравнение 8]

$$W_{tp} + W_{tb} < k - 0,1 \text{ мм.}$$

Поскольку часть с наружной резьбой имеет цилиндрическо-коническую форму, между винтовыми поверхностями собранных частей с наружной и внутренней резьбой остается небольшой свободный объем. Когда соединение согласно настоящему изобретению используется с нанесением смазки для свинчивания на охватываемый и охватывающий элементы бурильного замка перед их сборкой, остается мало места, чтобы избежать повышения давления смазки внутри соединения. Согласно настоящему изобретению в части с внутренней резьбой и, в частности, в первой части 16а с внутренней резьбой предусмотрена кольцевая канавка 110, позволяющая принимать излишек смазки, которая течет обратно. Преимущество этой канавки заключается в том, что смазка может локально накапливаться во время свинчивания или использования соединения при определенных условиях температуры и давления. Эта кольцевая канавка предусмотрена в части с внутренней резьбой, которая расположена между двумя уплотнительными поверхностями.

В показанном варианте осуществления без уплотнения между свободным краем 17 охватывающего элемента бурильного замка и второй частью с внутренней резьбой кольцевая канавка не предусмотрена во второй части с внутренней резьбой.

На фиг. 15 кольцевая канавка 110 образована между воображаемыми внутренней 92 и внешней 91 линиями. Например, кольцевая канавка 110 имеет осевую ширину G порядка постоянной k . Канавка 110 содержит впадину 111 в форме усеченного конуса, имеющую конусность, идентичную конусности части с внутренней резьбой. Кольцевая канавка несимметрична. На одной стороне впадины 111, на стороне внутренней уплотнительной поверхности 26, впадина 111 соединена с прямолинейной частью 112, которая имеет угол 113 с нормалью N , составляющий от 10 до 30°. На противоположной стороне впадины 111, на стороне промежуточной уплотнительной поверхности 28, впадина 111 соединена с другой прямолинейной частью 114, которая имеет угол 115 с нормалью N , составляющий от 30 до 85°.

Эта канавка позволяет удалить газ из смазки без временной потери уплотнения или риска локальной пластификации соединения, в то время как соединение находится на очень большой глубине и подвергается воздействию температур порядка 180°C.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое трубное соединение для бурения и/или эксплуатации углеводородных скважин, содержащее первую трубу (12), снабженную на первом дальнем конце (121) охватываемым элементом (18) бурильного замка, и вторую трубу (14), снабженную на втором дальнем конце (142) охватывающим элементом (16) бурильного замка, причем охватываемый элемент бурильного замка выполнен с возможностью сборки путем свинчивания с охватывающим элементом бурильного замка, причем первая труба, собранная со второй трубой, вместе определяют продольную ось (X), причем охватываемый элемент бурильного замка содержит в следующем порядке от свободного края (19) первого дальнего конца к телу (120) этой первой трубы: охватываемую внутреннюю уплотнительную поверхность (25), первую часть (18a) с наружной резьбой, охватываемый упорный заплечик (22), охватываемую промежуточную уплотнительную поверхность (27) и вторую часть (18b) с наружной резьбой, причем охватывающий элемент бурильного замка содержит охватывающую внутреннюю уплотнительную поверхность (26), предназначенную для образования внутреннего уплотнения за счет радиального натяга с первой охватываемой уплотнительной поверхностью, первую часть (16a) с внутренней резьбой, которая входит в зацепление с первой частью с наружной резьбой, охватывающей упорный заплечик (24), находящийся в упорном контакте с охватываемым упорным заплечиком, охватывающую промежуточную уплотнительную поверхность (28), предназначенную для образования промежуточного уплотнения за счет радиального натяга с охватываемой промежуточной уплотнительной поверхностью, и вторую часть (16b) с внутренней резьбой, которая входит в зацепление со второй частью с наружной резьбой, когда соединение собрано, причем свободный край (19) первого дальнего конца находится на ненулевом осевом расстоянии (d) от охватывающего элемента бурильного замка в собранном положении, причем каждая из частей с наружной резьбой содержит по меньшей мере одну винтовую поверхность, снабженную опорной стороной, вершиной резьбы, закладной стороной, впадиной резьбы, вследствие чего шаг опорной стороны $LFLp1$ и шаг закладной стороны $SFLp1$ первой части с наружной резьбой и, соответственно, шаг опорной стороны $LFLp2$ и шаг закладной стороны $SFLp2$ второй части с наружной резьбой удовлетворяют следующему условию:

[уравнение 9]

$$SFL_{p1} = LFL_{p1} = SFL_{p2} = LFL_{p2} = k1,$$

где $k1$ - постоянная для по меньшей мере двух полных витков каждой из винтовых поверхностей, и первая резьбовая зона охватывающего элемента бурильного замка содержит кольцевую канавку (110) для приема излишка смазки.

2. Резьбовое трубное соединение по п.1, отличающееся тем, что каждая из частей с внутренней резьбой содержит по меньшей мере одну винтовую поверхность, снабженную опорной стороной, вершиной резьбы, закладной стороной, впадиной резьбы, вследствие чего шаг опорной стороны $LFLb1$ и шаг закладной стороны $SFLb1$ первой части с наружной резьбой и, соответственно, шаг опорной стороны $LFLb2$ и шаг закладной стороны $SFLb2$ второй части с наружной резьбой удовлетворяют следующему условию:

[уравнение 10]

$$SFL_{b1} = LFL_{b1} = SFL_{b2} = LFL_{b2} = k2,$$

где $k2$ - постоянная для по меньшей мере двух полных витков каждой из винтовых поверхностей.

3. Резьбовое трубное соединение по п.2, отличающееся тем, что постоянные $k1$ и $k2$ равны.

4. Резьбовое трубное соединение по любому из пп.1-3, отличающееся тем, что винтовая поверхность первой части с внутренней резьбой имеет форму усеченного конуса (94), предпочтительно исключительно усеченного конуса, например, имеет конусность от 5 до 15, предпочтительно от 8 до 12%.

5. Резьбовое трубное соединение по предыдущему пункту, отличающееся тем, что винтовая по-

верхность первой части с наружной резьбой содержит по меньшей мере часть (74) в форме усеченного конуса, имеющую конусность, идентичную конусности винтовой поверхности первой части с внутренней резьбой, и цилиндрическую часть (73) вблизи от внутренней уплотнительной поверхности.

6. Резьбовое трубное соединение по любому из пп.1-5, отличающееся тем, что винтовая поверхность второй части с внутренней резьбой имеет форму усеченного конуса (94), предпочтительно усеченного конуса, например, имеет конусность от 5 до 15, предпочтительно от 8 до 12%.

7. Резьбовое трубное соединение по предыдущему пункту, отличающееся тем, что винтовая поверхность второй части с наружной резьбой содержит по меньшей мере часть (74) в форме усеченного конуса, имеющую конусность, идентичную конусности винтовой поверхности второй части с внутренней резьбой, и цилиндрическую часть (73) вблизи от промежуточной уплотнительной поверхности.

8. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что внутреннее уплотнение относится к типу "тор по конусу", причем охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность имеет коническую форму, в то время как охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность содержит тороидальную часть.

9. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что промежуточное уплотнение относится к типу "конус по конусу", причем охватываемая и охватываемая промежуточные уплотнительные поверхности имеют коническую форму, в частности имеют по существу идентичную конусность.

10. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что охватываемая внутренняя уплотнительная поверхность содержит в следующем порядке от тела второй трубы ко второму дальнему концу: первую дугу окружности радиусом R1 и вторую дугу окружности радиусом R2, вследствие чего эти радиусы удовлетворяют следующему условию:

[уравнение 11]

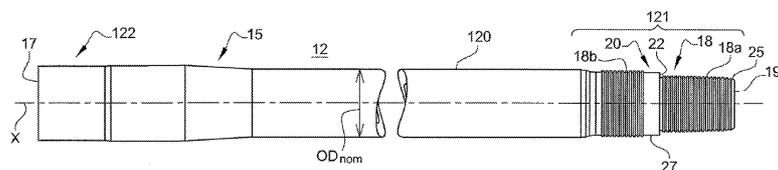
$$R1 < R2.$$

11. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что закладная сторона и опорная сторона винтовой поверхности части с наружной резьбой являются соответственно прямолинейными и соответственно соединены радиусами (62, 64, 66, 68) сопряжения со смежной вершиной (60) резьбы и впадиной (61) резьбы, причем закладная сторона части с внутренней резьбой содержит по меньшей мере одну прямолинейную часть, параллельную закладной стороне части с наружной резьбой, как для первой резьбовой части, так и для второй резьбовой части.

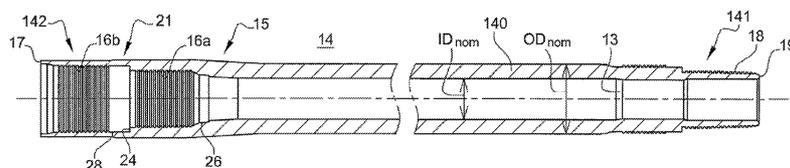
12. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что второй дальний конец второй трубы является высаженным, т.е. для получения дополнительной толщины.

13. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что второй дальний конец второй трубы имеет наружный диаметр меньше 103% наружного диаметра этой второй трубы.

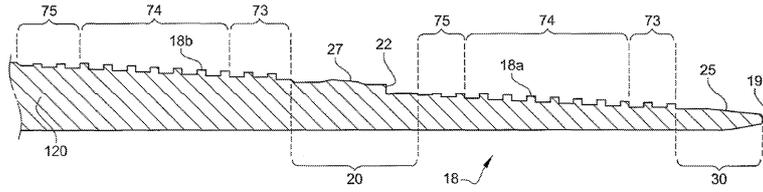
14. Резьбовое трубное соединение по любому из предыдущих пунктов, отличающееся тем, что первая и/или вторая часть с наружной резьбой могут содержать несколько винтовых поверхностей, вследствие чего эти винтовые поверхности проходят вдоль одной и той же части продольной оси, и эти винтовые поверхности такие, что начальные участки этих винтовых поверхностей могут быть равномерно распределены в плоскости, перпендикулярной продольной оси соединения.



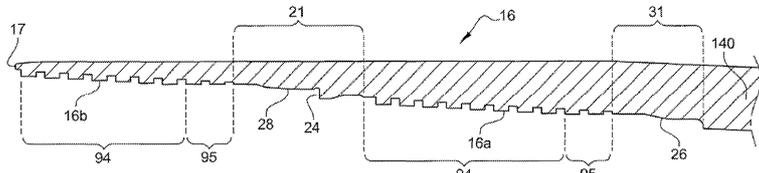
Фиг. 1



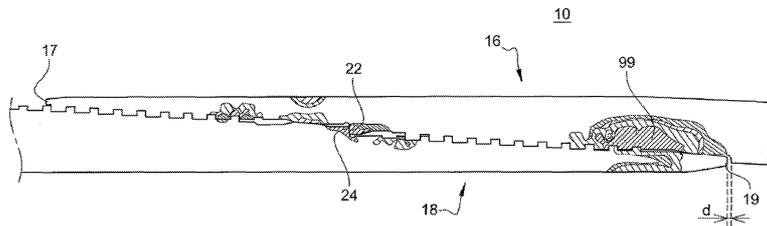
Фиг. 2



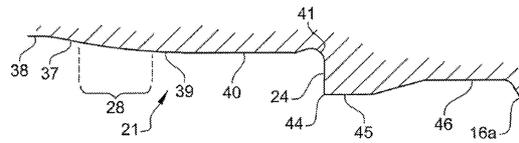
Фиг. 3



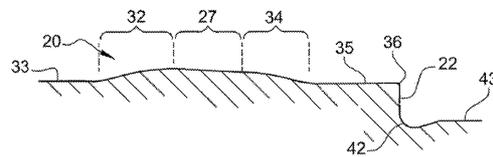
Фиг. 4



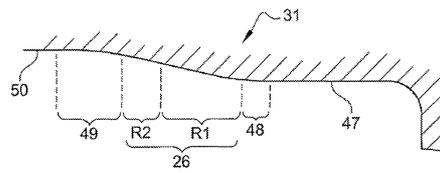
Фиг. 5



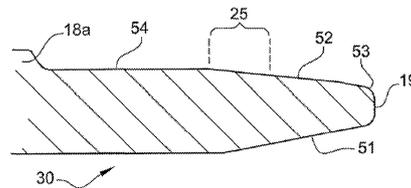
Фиг. 6



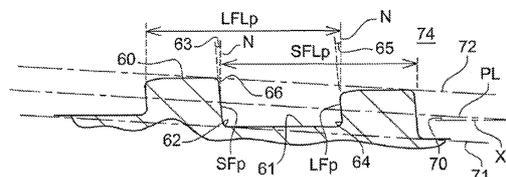
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

