

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202291271 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2022.07.29

(51) Int. Cl. F16L 15/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2020.12.22

## (54) РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ТРУБ

(31) 2020-005809

(72) Изобретатель:

(32) 2020.01.17

Марута Сатоси, Оку Йоусуке (JP),  
Мартин Пьер, Дали Дали (FR)

(33) JP

(86) PCT/JP2020/047837

(74) Представитель:

(87) WO 2021/145163 2021.07.22

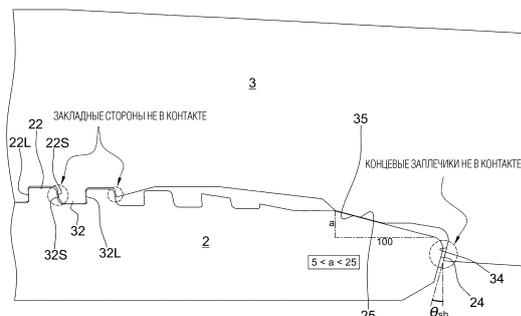
Медведев В.Н. (RU)

(71) Заявитель:

НИПОН СТИЛ КОРПОРЕЙШН  
(JP); ВАЛЛУРЕК ОЙЛ ЭНД ГЭС  
ФРАНС (FR)

(57) В резьбовом соединении для трубы с поверхностями промежуточного заплечика, предусмотренными между двумя ступенями резьбы для выполнения функций заплечиков для передачи крутящего момента, сопротивление сжатию при многократно приложенных комбинированных нагрузках улучшается. Осевое расстояние между поверхностью (33) промежуточного заплечика муфты и поверхностью (34) концевого заплечика муфты (3) перед свинчиванием,  $L_B$ , больше, чем осевое расстояние между поверхностью (23) промежуточного заплечика ниппеля и поверхностью (24) концевого заплечика ниппеля (2). перед свинчиванием,  $L_P$ , так что после завершения свинчивания, поверхности (23) и (33) промежуточного заплечика ниппеля и муфты находятся в сильном прижимном контакте, выполняя функции заплечиков для передачи крутящего момента, в то время как поверхности (24) и (34) концевого заплечика ниппеля и муфты не находятся в контакте или находятся в слабом контакте. Разница между осевыми расстояниями ( $L_B - L_P$ ) является такой, что, когда ниппель (2) и муфта (3) свинчены и при приложении определенной величины осевой сжимающей нагрузки, ниппель (2) и муфта (3) слегка сжимаются в осевом направлении сжимающей нагрузкой, и поверхность (24) концевого заплечика ниппеля входит в прижимной контакт с поверхностью (34) концевого заплечика муфты, чтобы выдерживать часть сжимающей нагрузки.

СЖИМАЮЩАЯ НАГРУЗКА НЕ ПРИЛОЖЕНА



A1

202291271

202291271

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-573317EA/55

### РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ТРУБ

#### ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0001] Настоящее изобретение относится к резьбовому соединению для трубы, используемому для соединения, например, стальных труб.

#### ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0002] В нефтяных скважинах, скважинах природного газа и т.д. (далее в совокупности именуемые «нефтяные скважины») подземные ресурсы добываются с использованием систем обсадных труб, которые образуют множество отрезков стенок скважины и трубопроводов, расположенных внутри системы обсадных труб для добычи нефти или газа. Такая обсадная труба или трубопровод состоит из большого числа стальных труб, соединенных последовательно, причем для соединения таких труб используется резьбовое соединение для труб. Стальная труба, используемая в нефтяной скважине, также называется трубой нефтяной скважины.

[0003] Резьбовые соединения для трубы, в целом, классифицируются как интегрального типа и муфтового типа. Интегральные резьбовые соединения для трубы раскрыты, например, в Патентном документе 1, а также в Патентном документе 2, фигурах 5-7, оба приведены ниже, а резьбовые соединения муфтового типа для трубы раскрыты, например, в Патентном документе 2, фиг.4, а также в Патентном документе 3.

[0004] Интегральное соединение напрямую соединяет трубы нефтяной скважины. Конкретно, внутренняя резьба предусмотрена на одном конце каждой трубы нефтяной скважины, в то время как наружная резьба предусмотрена на другом конце каждой трубы; при этом во внутреннюю резьбу одной трубы нефтяной скважины ввинчивается наружная резьба другой трубы нефтяной скважины, так что трубы нефтяной скважины соединяются.

[0005] В случае соединения муфтового типа, трубы нефтяной скважины соединяются с использованием трубчатой соединительной муфты. В частности, внутренняя резьба предусмотрена на каждом конце соединительной муфты, в то время как наружная резьба предусмотрена на каждом конце каждой трубы нефтяной скважины. Затем одна наружная резьба одной трубы нефтяной скважины ввинчивается в одну внутреннюю резьбу соединительной муфты, а одна наружная резьба другой трубы нефтяной скважины ввинчивается в другую внутреннюю резьбу соединительной муфты, так что трубы нефтяной скважины соединяются посредством соединительной муфты. То есть, соединение муфтового типа непосредственно соединяет пару труб, одна из которых является трубой нефтяной скважины, в то время как другая является соединительной муфтой.

[0006] В целом, конец трубы нефтяной скважины, на котором предусмотрена наружная резьба, включает элемент, который должен быть вставлен во внутреннюю резьбу, предусмотренную на трубе нефтяной скважины или соединительной муфте, и таким образом, называется ниппелем. Конец трубы для нефтяной скважины или

соединительной муфты, на котором предусмотрена внутренняя резьба, включает элемент для приема наружной резьбы, предусмотренной на конце трубы нефтяной скважины, и таким образом, называется муфтой.

[0007] В соответствии с последними стандартами для соединений для трубы нефтяной скважины, такими как API 5C5 RP CAL-IV 2017, нагрузки растяжения, сжатия, внутреннего давления и внешнего давления вдоль эллипсов комбинированных нагрузок серии испытаний А больше, чем у более старых стандартов, таких как ISO-CAL IV 2002. Кроме того, в последние годы разрабатывались все более и более глубокие скважины с более высокими температурами и более высокими давлениями, что приводило к все более и более жестким условиям, в которых используются резьбовые соединения для трубы нефтяной скважины; в частности, желательными являются улучшения характеристики против осевых сжимающих нагрузок (далее также называемых как «сопротивление сжатию»).

[0008] Между тем, глубокая скважина имеет сложное распределение пластового давления по глубине, что требует повышенного количества отрезков обсадной трубы; таким образом, требуется тип резьбового соединения, которое имеет максимальный внешний диаметр, т.е. внешний диаметр муфты, который, по существу, равен внешнему диаметру тела трубы, трубы нефтяной скважины. Резьбовое соединение с внешним диаметром муфты, который, по существу, равен внешнему диаметру тела трубы, трубы нефтяной скважины, иногда называют резьбовым соединением утопленного типа. Дополнительно, резьбовое соединение с внешним диаметром муфты, который, в целом, меньше, чем 108% внешнего диаметра тела трубы, трубы нефтяной скважины, иногда называют резьбовым соединением полуутопленного типа. Такие резьбовые соединения утопленного типа и полуутопленного типа не только должны обладать высокой прочностью и герметичностью, но также должны иметь жесткие ограничения по размеру для их различных участков, чтобы позволить их резьбовым и уплотнительным структурам располагаться внутри при ограниченной толщине стенки трубы.

[0009] Для резьбовых соединений утопленного типа и полуутопленного типа с жесткими ограничениями по размеру, часто используется конструкция соединения, которая включает поверхности промежуточного заплечика в середине соединения, как определено вдоль осевого направления, с наружной и внутренней резьбами, каждая из которых составлена внутренней резьбой и внешней резьбой, расположенными впереди и сзади соответствующего промежуточного заплечика, т.е. двумя ступенями резьбы, как раскрыто в Патентном документе 1. Конструкция соединения с двухступенчатой конструкцией резьбы обеспечивает большую площадь для критических сечений.

[0010] Критическое сечение (CCS) означает вертикальное сечение (т.е. сечение, перпендикулярное оси трубы) соединения, в котором напряжение, возникающее, когда соединение свинчивается, и при приложении растягивающей нагрузки, является максимальным. При приложении чрезмерной растягивающей нагрузки, соединение, вероятно, будет разрушено в месте критического сечения или около него.

[0011] В резьбовом соединении для трубы нефтяной скважины, передача растягивающей нагрузки от ниппеля к муфте является в осевом направлении рассеянным вдоль всей области резьбового зацепления. Таким образом, сечение ниппеля, на которое действует вся растягивающая нагрузка, расположено дополнительно по направлению к телу трубы ниппеля, чем область зацепления резьбы, в то время как сечение муфты, на которое действует вся растягивающая нагрузка, расположено дополнительно по направлению к телу трубы муфты, чем область зацепления резьбы. То из сечений, на которое действует вся растягивающая нагрузка, которое имеет наименьшую площадь, представляет собой критическое сечение. То есть, когда соединение свинчено, и наружная и внутренняя резьбы находятся в зацеплении, вертикальное сечение (т.е. сечение, перпендикулярное оси трубы) муфты, содержащее место впадины резьбы этой внутренней резьбы, которое соответствует тому концу зацепления, который расположен ближе к кончику ниппеля, представляет собой критическое сечение муфты (BCCS). Когда соединение свинчено, и наружная и внутренняя резьбы находятся в зацеплении, вертикальное сечение (т.е. сечение, перпендикулярное оси трубы) ниппеля, содержащее место впадины резьбы этой наружной резьбы, которое соответствует тому концу зацепления, который расположен ближе к телу трубы ниппеля, представляет собой критическое сечение ниппеля (PCCS). То из критических сечений муфты и ниппеля, которое имеет меньшую площадь, представляет собой критическое сечение (CCS) данного конкретного резьбового соединения. Отношение площади критического сечения к площади сечения тела трубы, трубы нефтяной скважины называется прочностью соединения, которая является широко используемым показателем прочности на растяжение соединения для трубы нефтяной скважины относительно прочности на растяжение тела трубы.

[0012] Резьбовое соединение с двухступенчатой конструкцией резьбы, также имеет такие критические сечения муфты и ниппеля. Кроме того, резьбовое соединение с двухступенчатой конструкцией резьбы имеет еще одно место с небольшим сечением соединения для восприятия растягивающей нагрузки, расположенное в центральном участке соединения, как определено вдоль осевого направления, как обсуждалось выше. То есть, резьбовое соединение с двухступенчатой конструкцией резьбы имеет участок без резьбового зацепления в центральном его участке вдоль осевого направления. В этом участке без резьбового зацепления, растягивающая нагрузка, воспринимаемая ниппелем и муфтой, передается в осевом направлении без увеличения или уменьшения. Таким образом, сечение ниппеля внутри участка без резьбового зацепления, и имеющее наименьшую площадь в пределах этого участка, представляет собой промежуточное критическое сечение ниппеля (PICCS), в то время как сечение муфты, расположенное в участке без резьбового зацепления и имеющее наименьшую площадь в пределах этого участка, представляет собой промежуточное критическое сечение муфты (BICCS). Для предотвращения разрушения в центральном участке соединения, предпочтительно, чтобы сумма площадей промежуточных критических сечений ниппеля и муфты была больше,

чем площадь критического сечения (CCS) резьбового соединения.

## ДОКУМЕНТЫ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО УРОВНЯ ТЕХНИКИ

### ПАТЕНТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

[0013] [Патентный документ 1] JP 2018-536818 A (Публикация 2017/097700 A)

[Патентный документ 2] JP Sho57(1982)-186690 A

[Патентный документ 3] Публикация 2014-045973 A

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

#### ПРОБЛЕМЫ, РЕШАЕМЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЕМ

[0014] Интегральное резьбовое соединение полуутопленного типа с двухступенчатой конструкцией резьбы, раскрытое в Патентном документе 1, требует образования двухступенчатой конструкции в пределах толщины стенки полый оболочки трубы нефтяной скважины, что приводит к снижению прочности соединения по сравнению с резьбовыми соединениями муфтового типа, использующих соединительную муфту, имеющую больший внешний диаметр, чем у трубы нефтяной скважины, что затрудняет обеспечение достаточной прочности для выдерживания высоких сжимающих нагрузок.

[0015] Как правило, для улучшения характеристики сжатия, эффективно увеличить площадь контакта между участками ниппеля и муфты, которые воспринимают сжимающие нагрузки. То есть, ожидается, что обеспечение достаточно большой радиальной ширины контакта между промежуточными заплечиками, которые функционируют как ограничители крутящего момента во время свинчивания (т.е. радиальной ширины участков контакта), будет способствовать улучшению характеристик сжатия.

[0016] Однако, если ширина контакта между поверхностями промежуточного заплечика увеличивается, толщина стенки трубы каждого из ниппеля и муфты, измеренная на резьбовых участках и/или участках уплотнения, снижается, что снижает герметичность, а также приводит к уменьшению суммы площадей промежуточного критического сечения ниппеля и критического сечения муфты, вызывающее снижение прочности на растяжение резьбового соединения.

[0017] Дополнительно, в Патентном документе 1 говорится, что поверхности промежуточного заплечика резьбового соединения функционируют как ограничители крутящего момента во время свинчивания, и свинчивание завершается кончиком (20) ниппеля и концевым заплечиком (30) муфты, расположенными на расстоянии друг от друга, при этом Патентный документ 1 ничего не говорит о поведении свинченного соединения при приложении осевой сжимающей нагрузки.

[0018] Таким образом, в обычном резьбовом соединении Патентного документа 1, сжимающие нагрузки должны восприниматься только за счет контакта между поверхностями (26, 28) промежуточного заплечика, что затрудняет значительное улучшение характеристик сжатия.

[0019] Задачей настоящего изобретения является обеспечение резьбового соединения для трубы с двухступенчатой конструкцией резьбы с дополнительным

улучшением сопротивления сжатию.

#### СРЕДСТВО ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

[0020] Резьбовое соединение для труб согласно настоящему изобретению включает трубчатый ниппель и трубчатую муфту, при этом ниппель и муфта выполнены с возможностью свинчивания, когда ниппель ввинчивается в муфту.

[0021] Ниппель включает в себя: первую наружную резьбу; вторую наружную резьбу, расположенную дальше к кончику, чем первая наружная резьба, и имеющую меньший диаметр, чем первая наружная резьба; поверхность промежуточного заплечика ниппеля, расположенную между первой наружной резьбой и второй наружной резьбой; поверхность концевого заплечика ниппеля, расположенного на кончике ниппеля; и уплотняющую поверхность ниппеля, расположенную между второй наружной резьбой и поверхностью концевого заплечика ниппеля.

[0022] Муфта включает в себя: первую внутреннюю резьбу, выполненную с возможностью зацепления первой наружной резьбой, когда соединение свинчено; вторую внутреннюю резьбу, выполненную с возможностью зацепления второй наружной резьбой, когда соединение свинчено; поверхность промежуточного заплечика муфты, выполненную с возможностью быть в контакте с поверхностью промежуточного заплечика ниппеля, когда соединение свинчено; поверхность концевого заплечика муфты, соответствующую поверхности концевого заплечика ниппеля; и уплотняющую поверхность муфты, расположенную между второй внутренней резьбой и поверхностью концевого заплечика муфты и выполненную с возможностью быть в контакте с уплотняющей поверхностью ниппеля вдоль всей окружности, когда соединение свинчено.

[0023] В резьбовом соединении для трубы согласно настоящему изобретению, осевое расстояние между поверхностью промежуточного заплечика муфты и поверхностью концевого заплечика муфты перед свинчиванием,  $L_B$ , больше, чем осевое расстояние между поверхностью промежуточного заплечика ниппеля и поверхностью концевого заплечика ниппеля, перед свинчиванием,  $L_P$ . Таким образом, во время свинчивания и в момент времени, когда поверхности промежуточного заплечика ниппеля и муфты начинают контактировать, поверхности концевого заплечика ниппеля и муфты не находятся в контакте. То есть поверхности промежуточного заплечика ниппеля и муфты функционируют как ограничители крутящего момента. С другой стороны, после завершения свинчивания, поверхности концевого заплечика ниппеля и муфты разнесены друг от друга. В качестве альтернативы, соединение может быть таким, что из-за свинчивания кончик ниппеля вытянут в направлении кончика относительно поверхности промежуточного заплечика ниппеля, и поверхность концевого заплечика ниппеля упруго деформируется в направлении кончика ниппеля, так, что после завершения свинчивания поверхности концевого заплечика ниппеля и муфты находятся в таком слабом контакте друг с другом, что практически не действуют как ограничители крутящего момента.

[0024] Дополнительно, в резьбовом соединении для трубы согласно настоящему изобретению, разница между осевыми расстояниями ( $L_B-L_P$ ) является такой, что, когда

соединение свинчено и при приложении осевой сжимающей нагрузки, поверхность концевой заплечика ниппеля начинает контактировать с поверхностью концевой заплечика муфты раньше, чем достигается резьбовое соединение для труб. Таким образом, при приложении осевой сжимающей нагрузки, поверхности концевой заплечика ниппеля и муфты находятся в контакте, так что часть осевой сжимающей нагрузки может восприниматься поверхностями концевой заплечика ниппеля и муфты, и, таким образом, структура соединения в виде отверстия может обеспечить достижение требуемой прочности на сжатие. Дополнительно, контакт между поверхностями концевой заплечика ограничивает величину осевого смещения уплотняющей поверхности ниппеля относительно уплотняющей поверхности муфты и, таким образом, уменьшает повреждение, накопленное внутри и вблизи уплотняющих поверхностей ниппеля и муфты при приложении большой сжимающей нагрузки, так что герметичность при внутреннем давлении после исчезновения сжимающей нагрузки остается практически такой же, как и раньше.

[0025] Предпочтительно осевые расстояния  $L_B$  и  $L_P$  являются такими, что, когда соединение свинчено, и осевая сжимающая нагрузка не приложена, образуется зазор между поверхностью концевой заплечика ниппеля и поверхностью концевой заплечика муфты. В таких реализациях, поверхности концевой заплечика ниппеля и муфты не функционируют как заплечики для передачи крутящего момента, а функционируют как «псевдо-заплечики», которые несут часть осевой сжимающей нагрузки.

[0026] Более предпочтительно, вторая наружная резьба и вторая внутренняя резьба сконструированы таким образом, что, когда соединение свинчено и осевая сжимающая нагрузка не приложена, образуется зазор между закладными сторонами второй наружной резьбы и второй внутренней резьбы, и при этом зазор между закладными сторонами имеет такой размер, что по мере постепенного увеличения прилагаемой осевой сжимающей нагрузки, сначала начинают контактировать закладные стороны, а затем контактировать поверхность концевой заплечика ниппеля и поверхность концевой заплечика муфты. В таких реализациях, часть осевой сжимающей нагрузки может восприниматься второй наружной и внутренней резьбами, что дополнительно улучшает сопротивление сжатию. Дополнительно, поверхности концевой заплечика начинают контактировать после того, как закладные стороны второй наружной и внутренней резьб начинают контактировать, тем самым уменьшая величину сжимающей нагрузки, воспринимаемой поверхностями концевой заплечика ниппеля и муфты. Таким образом, даже если площадь контакта между поверхностями концевой заплечика является небольшой, соединение, в целом, может иметь хорошее сопротивление сжатию.

[0027] Предпочтительно, наклон прямой линии, соединяющей концы, как определено в осевом направлении, уплотняющей поверхности ниппеля составляет не менее 5% и не более 25%. Наклон более 25% затрудняет обеспечение достаточной величины взаимного влияния уплотнения. Наклон менее 5% увеличивает риск заедания во время свинчивания. Более предпочтительно, наклон может быть не менее 10% и не более

17%. Уплотняющая поверхность муфты может иметь наклон, аналогичный наклону уплотняющей поверхности ниппеля; предпочтительно, наклон уплотняющей поверхности муфты равен наклону уплотняющей поверхности ниппеля. Каждая из образующих сужения уплотняющих поверхностей ниппеля и муфты может быть прямой линией, может быть слегка изогнутой, чтобы выступать, или может локально включать выпуклую кривую линию и прямую линию.

[0028] Как используется в данном документе, «по завершении свинчивания» означает момент времени, когда после того, как ниппель свинчен на муфте, к резьбовому соединению не прикладывается ни осевая нагрузка, ни внутреннее/внешнее давление. С другой стороны, «когда соединение свинчено» означает, что ниппель и муфта свинчены, независимо от того, прикладывается ли, по меньшей мере, одно из: осевой нагрузки, внутреннего давления или внешнего давления. «Когда соединение свинчено» применяется, если ниппель и муфта свинчены, даже после приложения осевой нагрузки и внутреннего/внешнего давления в диапазоне, который не приводит к разрушению резьбового соединения или потере контактного поверхностного давления между уплотняющими поверхностями ниппеля и муфты, более предпочтительно, в пределах диапазона упругости.

[0029] Осевые расстояния  $L_P$  и  $L_B$  требуются только для того, чтобы дать, по существу, однозначную разность ( $L_B - L_P$ ); по этой причине достаточно использовать единые стандарты для измерения, а осевые расстояния  $L_B$  и  $L_P$  сами по себе не обязательно должны быть точно и индивидуально определены. Например, осевое расстояние  $L_B$  может быть осевым расстоянием между радиально внутренним краем поверхности промежуточного заплечика муфты и радиально внутренним краем поверхности концевой заплечика муфты; в таких реализациях, осевое расстояние  $L_P$  представляет собой осевое расстояние между местом на поверхности промежуточного заплечика ниппеля, которое соответствует радиально внутреннему краю поверхности промежуточного заплечика муфты (т.е. местом, которое контактирует с радиально внутренним краем поверхности промежуточного заплечика муфты), и местом на поверхности промежуточного заплечика ниппеля, которое соответствует радиально внутреннему краю поверхности концевой заплечика муфты (т.е. местом, которое контактирует с радиально внутренним краем поверхности концевой заплечика муфты). Альтернативно, осевое расстояние  $L_P$  может быть осевым расстоянием между радиально внешним краем поверхности промежуточного заплечика ниппеля и радиально внешним краем поверхности концевой заплечика ниппеля; в таких реализациях, осевое расстояние  $L_B$  представляет собой осевое расстояние между местом на поверхности промежуточного заплечика муфты, которое соответствует радиально внешнему краю поверхности промежуточного заплечика ниппеля (т.е. местом, которое контактирует с радиально внешним краем поверхности промежуточного заплечика ниппеля) и местом на поверхности промежуточного заплечика муфты, которое соответствует радиально внешнему краю поверхности концевой заплечика ниппеля (т.е. местом, которое

контактирует с радиально внешним краем поверхности концевой заплечика ниппеля).

#### ПРЕИМУЩЕСТВА ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0030] Согласно настоящему изобретению, после завершения свинчивания, поверхности концевой заплечика ниппеля и муфты не находятся в контакте, или, даже если они находятся в контакте, контактное давление между поверхностями концевой заплечика ниппеля и муфты меньше, чем контактное давление между поверхностями промежуточного заплечика ниппеля и муфты. Таким образом, после завершения свинчивания ниппеля и муфты, большое сжимающее напряжение не создается в кончике ниппеля с поверхностью концевой заплечика ниппеля и близлежащими участками, тем самым обеспечивая запас для осевой сжимающей нагрузки, которая может быть воспринята поверхностью концевой заплечика ниппеля. Дополнительно, когда соединение свинчено и при приложении определенной величины осевой сжимающей нагрузки к резьбовому соединению для трубы, поверхность концевой заплечика ниппеля контактирует с поверхностью концевой заплечика муфты, чтобы выдерживать часть осевой сжимающей нагрузки, тем самым предотвращая чрезмерное сжимающее усилие от действия на поверхности промежуточного заплечика, функционирующих как заплечики для передачи крутящего момента, и, таким образом, улучшая сопротивление сжатию.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[Фиг.1] Фиг.1 представляет собой вид продольного сечения резьбового соединения для трубы нефтяной скважины согласно варианту выполнения, которое свинчено.

[Фиг.2А] Фиг.2А представляет собой увеличенный вид кончика ниппеля и близлежащих участков, в том виде, когда соединение свинчено, и без приложения сжимающей нагрузки.

[Фиг.2В] Фиг.2В представляет собой увеличенный вид кончика ниппеля и близлежащих участков, в том виде, когда соединение свинчено, и при приложении сжимающей нагрузки определенной величины.

[Фиг.2С] Фиг.2С представляет собой увеличенный вид кончика ниппеля и близлежащих участков, в том виде, когда соединение свинчено и при приложении большой сжимающей нагрузки (хотя и не настолько большой, чтобы поверхности промежуточного заплечика деформировались).

[Фиг.3] Фиг.3 представляет собой увеличенный вид уплотняющей поверхности ниппеля и близлежащих участков резьбового соединения для трубы нефтяной скважины согласно другому варианту выполнения.

[Фиг.4] Фиг.4 иллюстрирует траектории действия нагрузки в условиях комбинированной нагрузки, использованных для анализа.

[Фиг.5] Фиг.5 представляет собой график сравнения контактных давлений уплотнения для трех точек нагрузки, где применяется простое внутреннее давление.

#### ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0032] Как иллюстрировано на фиг.1, резьбовое соединение 1 для трубы согласно настоящему варианту выполнения включает трубчатый ниппель 2 и трубчатую муфту 3.

Ниппель 2 и муфта 3 свинчиваются, когда ниппель 2 ввинчивается в муфту 3. Ниппель 2 расположен на конце трубы первой трубы P1, а муфта 3 расположена на конце трубы второй трубы P2. Первая труба P1 может быть длинной трубой, такой как труба для нефтяной скважины. Вторая труба, предпочтительно, представляет собой длинную трубу, такую как труба для нефтяной скважины, хотя она может быть соединительной муфтой для соединения длинных труб. То есть, резьбовое соединение для труб 1 согласно настоящему варианту выполнения, предпочтительно, представляет собой интегральное резьбовое соединение для труб. Труба для нефтяной скважины и соединительная муфта обычно изготавливаются из стали; альтернативно, они могут быть изготовлены из металла, такого как нержавеющая сталь или сплав на основе никеля.

[0033] Ниппель 2 может быть предусмотрен на одном обжатом конце первой трубы P1 для нефтяной скважины. Муфта 3 может быть предусмотрена на одном расширенном конце второй трубы P2 для нефтяной скважины. Предпочтительно, ниппель 2 может быть предусмотрен на одном конце каждой из труб P1 и P2 нефтяной скважины, в то время как муфта 3 может быть предусмотрена на другом конце каждой трубы. В частности, первая труба P1 нефтяной скважины изготавливается путем подготовки полый оболочки, образованной длинной трубой, обжатия одного ее конца и последующей механической обработки внешней периферии обжатого конца для образования компонентов ниппеля 2. Вторая труба P2 для нефтяной скважины изготавливается путем подготовки полый оболочки, образованной длинной трубой, расширения одного ее конца и последующей механической обработки внутренней периферии расширенного конца для образования компонентов муфты 3. Это обеспечивает достаточную толщину стенок для ниппеля 2 и муфты 3 интегрального резьбового соединения полууглубленного типа.

[0034] Используемый здесь термин «тело трубы» означает участки трубы P1, P2, для нефтяной скважины, отличные от ниппеля 2 и муфты 3, которые не подвергались ни обжатию, ни расширению. «К концу трубы ниппеля 2» указывает направление от тела трубы ниппеля 2 к концу трубы ниппеля 2, которое иногда также называют «направлением кончика». «К телу трубы ниппеля 2» указывает направление от конца трубы ниппеля 2 к телу трубы ниппеля 2, которое иногда также называют «направлением основания». «К открытому концу муфты 3» указывает направление от тела трубы муфты 3 к открытому концу муфты 3.

[0035] Ниппель 2 включает: первую наружную резьбу 21; вторую наружную резьбу 22, расположенную дальше к концу трубы ниппеля 2, чем первая наружная резьба 21, и имеющую меньший диаметр, чем первая наружная резьба 21; поверхность 23 промежуточного заплечика ниппеля, расположенную между первой и второй наружными резьбами 21 и 22; поверхность 24 концевой заплечика ниппеля, расположенную на конце трубы ниппеля 2; и уплотняющую поверхность 25 ниппеля, расположенную между второй наружной резьбой 22 и поверхностью 24 концевой заплечика ниппеля. Первая и вторая наружные резьбы 21 и 22 разнесены друг от друга в осевом направлении, и между ними может быть расположена поверхность 23 промежуточного заплечика ниппеля.

[0036] Предпочтительно, каждая из первой и второй наружных резьб 21 и 22 образована суживающейся резьбой. Предпочтительно, первая и вторая наружные резьбы 21 и 22 имеют одинаковый угол сужения резьбы и одинаковый шаг резьбы. Предпочтительно, образующая сужения суживающейся резьбы, образующей вторую наружную резьбу 22, расположена радиально внутрь образующей сужения суживающейся резьбы, образующей первую наружную резьбу 21. Поверхность 23 промежуточного заплечика ниппеля может быть образована стороной ступенчатого участка, образованной участком внешней периферии ниппеля, расположенным между первой и второй наружными резьбами 21 и 22. Поверхность 23 промежуточного заплечика ниппеля обращена к концу трубы ниппеля 2. Каждая из первой и второй наружных резьб 21 и 22 может представлять собой, например, трапециевидную резьбу, круглую API резьбу, упорную API резьбу, или клиновидную резьбу.

[0037] Муфта 3 включает: первую внутреннюю резьбу 31, которая должна быть зацеплена первой наружной резьбой 21 после завершения свинчивания; вторую внутреннюю резьбу 32, которая должна быть зацеплена второй наружной резьбой 22 после завершения свинчивания; поверхность 33 промежуточного заплечика муфты, которая должна быть в контакте с поверхностью 23 промежуточного заплечика ниппеля после завершения свинчивания; поверхность 34 концевой заплечика муфты, предусмотренную чтобы соответствовать поверхности 24 концевой заплечика ниппеля; и уплотняющую поверхность 35 муфты, расположенную между второй внутренней резьбой 32 и поверхностью 34 концевой заплечика муфты, чтобы быть в контакте с внутренней уплотняющей поверхностью 25 ниппеля вдоль всей окружности после завершения свинчивания. Уплотняющие поверхности 25 и 35 ниппеля и муфты могут функционировать как уплотнение от внутреннего давления, которое демонстрирует герметичность, главным образом, против внутреннего давления. Предпочтительно, муфта 3 может дополнительно включать уплотняющую поверхность 36 муфты от внешнего давления, расположенную дальше к открытому концу муфты 3, чем первая внутренняя резьба 31, тогда как ниппель 2 может дополнительно включать уплотняющую поверхность 26 ниппеля от внешнего давления, чтобы быть в контакте с уплотняющей поверхностью 36 муфты от внешнего давления вдоль всей окружности после завершения свинчивания. Уплотняющая поверхность 26 ниппеля от внешнего давления расположена дальше к основанию ниппеля, чем первая наружная резьба 21.

[0038] Первая и вторая внутренние резьбы 31 и 32 разнесены друг от друга в осевом направлении, и между ними может быть расположен промежуточный заплечик 33 муфты. Предпочтительно, каждая из первой и второй внутренних резьб 31 и 32 образована суживающейся резьбой, дополняющей соответствующую одну из первой и второй наружных резьб 21 и 22. Поверхность 33 промежуточного заплечика 33 муфты может быть образована стороной ступенчатого участка, образованной участком внутренней периферии муфты 3, расположенным между первой и второй внутренними резьбами 31 и 32. Поверхность 33 промежуточного заплечика обращена к открытому концу муфты 3 и

обращена к поверхности 23 промежуточного заплечика ниппеля. Поверхность 33 промежуточного заплечика муфты находится в контакте с поверхностью 23 промежуточного заплечика ниппеля, по меньшей мере, после завершения свинчивания, и поверхности 23 и 33 промежуточного заплечика функционируют как заплечики для передачи крутящего момента, которые демонстрируют характеристики крутящего момента. Каждая из первой и второй внутренних резьб 31 и 32 могут быть, например, трапециевидной резьбой, круглой API резьбой, упорной API резьбой или клиновидной резьбой, которая дополняет соответствующую первую и вторую наружные резьбы 21 и 22.

[0039] Предпочтительно, каждая из вершины резьбы и поверхностей впадины резьб 21, 22, 31 и 32 имеет форму, которая выглядит в продольном сечении как прямая линия, продолжающаяся параллельно оси трубы.

[0040] Предпочтительно, после завершения свинчивания ниппеля 2 и муфты 3, опорные стороны 21L и 31L первой наружной и внутренней резьб 21 и 31 находятся в контакте, и опорные стороны 22L и 32L второй наружной и внутренней резьб находятся в контакте, тогда как между опорными сторонами 21S и 31S первой наружной и внутренней резьб 21 и 31 образован зазор, и между опорными сторонами 22S и 32S второй наружной и внутренней резьб 22 и 32 образован зазор.

[0041] Предпочтительно, размер зазора, образованного между закладными сторонами 21S и 31S первой наружной и внутренней резьб 21 и 31 является одинаковым вдоль всего осевого диапазона зацепления между этими резьбами 21 и 31; в качестве альтернативы, больший зазор может присутствовать в пределах небольшого участка осевого диапазона. Предпочтительно, размер зазора, образованного между закладными сторонами 22S и 32S второй наружной и внутренней резьб 22 и 32 является одинаковым вдоль всего осевого диапазона зацепления между этими резьбами 22 и 32; в качестве альтернативы, больший зазор может присутствовать в пределах небольшого участка осевого диапазона. Предпочтительно, размер зазора, образованного между закладными сторонами 21S и 31S, равен размеру зазора, образованного между закладными сторонами 22S и 32S.

[0042] Предпочтительно, зазор, образованный между закладными сторонами 21S и 31S первой наружной и внутренней резьб 21 и 31 после завершения свинчивания, имеет такую величину, что при приложении заданной осевой сжимающей нагрузки, меньшей, чем предельная сжимающая нагрузка ниппеля 2 и муфты 3, ниппель 2 и муфта 3 деформируются таким образом, что закладные стороны 21S и 31S начинают контактировать с тем, чтобы нести часть осевой сжимающей нагрузки. Закладные стороны 21S и 31S могут контактировать различными способами в то время, когда они начинают контактировать; контакт может начинаться в заданном месте на первой наружной и внутренней резьбах 21 и 31, как определено вдоль осевого направления трубы, и по мере увеличения осевой сжимающей нагрузки, площадь контакта между закладными сторонами 21S и 31S может постепенно расширяться, или все закладные стороны 21S и 31S могут начать контактировать одновременно. Размер зазора, образованного между

закладными сторонами 21S и 31S после завершения свинчивания, как измерено в осевом направлении трубы, может быть, например, не более чем 0,15 мм. Для предотвращения задира при свинчивании, предпочтительно, чтобы размер зазора был не менее 0,06 мм.

[0043] Предпочтительно, зазор, образованный между закладными сторонами 22S и 32S второй наружной и внутренней резьб 22 и 32 после завершения свинчивания, имеет такую величину, что при приложении заданной осевой сжимающей нагрузки, меньшей, чем предельная сжимающая нагрузка ниппеля 2 и муфты 3, ниппель 2 и муфта 3 деформируются таким образом, что закладные стороны 22S и 32S начинают контактировать с тем, чтобы нести часть осевой сжимающей нагрузки. Закладные стороны 22S и 32S могут контактировать различными способами в то время, когда они начинают контактировать; контакт может начинаться в заданном месте на второй наружной и внутренней резьбах 22 и 32, как определено вдоль осевого направления трубы, и по мере увеличения осевой сжимающей нагрузки, площадь контакта между закладными сторонами 22S и 32S может постепенно расширяться, или все закладные стороны 22S и 32S могут начать контактировать одновременно. Осевая сжимающая нагрузка, при которой закладные стороны 22S и 32S начинают контактировать, может отличаться от осевой сжимающей нагрузки, при которой закладные стороны 21S и 31S начинают контактировать. Размер зазора, образованного между закладными сторонами 22S и 32S после завершения свинчивания, как измерено в осевом направлении трубы, может быть, например, не более, чем 0,15 мм. Для предотвращения задира при свинчивании, предпочтительно, чтобы размер зазора был не менее 0,06 мм.

[0044] Поверхность 34 концевой заплечика муфты образована суживающейся поверхностью, наклоненной таким образом, что радиально внутренний край расположен дальше к открытому концу муфты 3, чем радиально внешний край. Поверхность 24 концевой заплечика ниппеля может находиться в контакте с поверхностью 34 концевой заплечика муфты после завершения свинчивания, или, как показано на фиг.2А, может быть образован зазор между поверхностью 24 концевой заплечика ниппеля и поверхностью 34 концевой заплечика муфты, после завершения свинчивания. По меньшей мере, при приложении заданной осевой сжимающей нагрузки, меньшей, чем предел текучести при сжимающей нагрузке резьбового соединения, результирующая упругая деформация ниппеля 2 и муфты 3 приводит к тому, что поверхности 24 и 34 заплечика ниппеля 2 и муфты 3 контактируют друг с другом, чтобы нести часть осевой сжимающей нагрузки.

[0045] Радиальная ширина площади контакта между поверхностями 24 и 34 концевой заплечика ниппеля и муфты (см. фиг.2С) может быть меньше 1 мм. Уменьшение ширины контакта между поверхностями 24 и 34 концевой заплечика упрощает обеспечение достаточной толщины стенки для других участков. Используемый здесь термин площадь контакта между поверхностями 24 и 34 концевой заплечика ниппеля 2 и муфты 3 означает площадь контакта, полученную, когда ниппель 2 и муфта 3 деформируются в радиальном направлении из-за величины взаимного влияния уплотнения, и она меньше, чем перекрытие между поверхностями 24 и 34 концевой

заплечика ниппеля 2 и муфты 3 до свинчивания, т.е. до деформации, если смотреть в направлении оси трубы.

[0046] Более предпочтительно, зазор между закладными сторонами 22S и 32S и зазор между поверхностями 24 и 34 концевой заплечика после завершения свинчивания может иметь такие размеры, что, прежде всего, закладные стороны 22S и 32S второй наружной и внутренней резьб 22 и 32 начинают контактировать, как показано на фиг.2B, а по мере дополнительного увеличения приложенной сжимающей нагрузки, поверхности 24 и 34 концевой заплечика начинают контактировать, как показано на фиг.2C. В таких реализациях, даже если ширина контакта между поверхностями 24 и 34 концевой заплечика является незначительной, пластическая деформация в поверхностях 24 и 34 концевой заплечика и вблизи них из-за приложенной осевой сжимающей нагрузки является относительно маленькой, поскольку сжимающая нагрузка, воспринимаемая поверхностями 24 и 34 концевой заплечика, является относительно маленькой. Кроме того, ожидается, что часть сжимающей нагрузки, действующей на закладную сторону 22S второй наружной резьбы 22 ниппеля 2, вызовет расширение кончика ниппеля и, таким образом, поможет поддерживать контактное давление между уплотняющими поверхностями 25 и 35 от внутреннего давления.

[0047] В качестве альтернативы, соединение может быть сконструировано таким образом, что, прежде всего, поверхности 24 и 34 концевой заплечика начинают контактировать, а по мере дополнительного увеличения приложенной сжимающей нагрузки, закладные стороны 22S и 32S начинают контактировать. Это дополнительно обеспечивает, что поверхности 24 и 34 концевой заплечика контактируют друг с другом, тем самым уменьшая деформацию, уменьшающую диаметр, в кончике ниппеля и вблизи него.

[0048] Угол  $\theta_{sh}$  концевой заплечика поверхности 34 концевой заплечика муфты, предпочтительно, больше  $5^\circ$ , а более предпочтительно, более  $10^\circ$ . Дополнительно, угол  $\theta_{sh}$  концевой заплечика, предпочтительно, не превышает  $45^\circ$ , а более предпочтительно, не превышает  $25^\circ$ . Предпочтительно, чтобы угол концевой заплечика поверхности 24 концевой заплечика ниппеля был равен углу  $\theta_{sh}$  концевой заплечика поверхности 34 концевой заплечика муфты.

[0049] Несмотря на то, что каждая из поверхностей 23 и 33 промежуточного заплечика ниппеля 2 и муфты 3 образована плоской поверхностью, перпендикулярной оси трубы, каждая из них может быть образована суживающейся поверхностью, наклоненной так, что радиально внешний край расположен дальше к концу трубы ниппеля 2, чем радиально внутренний край.

[0050] Каждая из уплотняющих поверхностей 25, 35, 26 и 36 может иметь любую форму продольного сечения; в резьбовом соединении 1, показанном на фигурах 1-2, при этом каждая уплотняющая поверхность образована суживающейся поверхностью, которая выглядит как наклонная прямая линия в продольном сечении. Альтернативно, одна из каждой пары уплотняющих поверхностей, которые контактируют друг с другом, может

быть образована выпуклой криволинейной поверхностью, или каждая уплотняющая поверхность из каждой пары могут быть образованы выпуклой криволинейной поверхностью. В любом случае, уплотняющие поверхности сконструированы таким образом, что величина взаимного влияния уплотнения увеличивается по мере того, как ниппель 2 проталкивается внутрь муфты 3. Наклон прямой линии, соединяющей два конца, как определено вдоль осевого направления, каждой уплотняющей поверхности, предпочтительно, составляет не менее 5% (или 10%, как представлено в виде коэффициента сужения), или более предпочтительно, 10% (или 20%, как представлено в виде коэффициента сужения). Дополнительно, наклон прямой линии, соединяющей два конца, как определено вдоль осевого направления каждой уплотняющей поверхности, предпочтительно не превышает 25% (или 50%, как представлено в виде коэффициента сужения), а более предпочтительно, не превышает 17% (или 34% как представлено в виде коэффициента сужения).

[0051] В варианте выполнения, показанном на фиг.3, уплотняющая поверхность 35 муфты образована суживающейся поверхностью, которая выглядит как наклонная прямая линия в продольном сечении, тогда как уплотняющая поверхность 25 ниппеля образована суживающейся поверхностью 25b, которая выглядит как наклонная прямая линия в продольном сечении и выпуклая криволинейная поверхность 25a, центральная часть которой, как определено в осевом направлении, выступает к уплотняющей поверхности 35 муфты. Суживающаяся поверхность 25b плавно прилегает к тому концу выпуклой криволинейной поверхности 25a, который находится ближе к кончику. В настоящем варианте выполнения, уплотняющая поверхность 25 ниппеля сконструирована таким образом, что выпуклая криволинейная поверхность 25a функционирует как точка уплотнения, которая испытывает контакт с сильным давлением с уплотняющей поверхностью 35 муфты во время свинчивания. Настоящий вариант выполнения обеспечивает, что точка уплотнения уплотняющей поверхности 25 ниппеля расположена далеко от концевого заплечика 24 ниппеля, тем самым уменьшая влияние напряжения, возникающего в поверхности 24 концевого заплечика ниппеля при приложении большой осевой сжимающей нагрузки к месту уплотнения и близлежащим участкам уплотняющей поверхности 25 ниппеля.

[0052] Дополнительно, фиг.3 также представляет примерную иллюстрацию уплотняющей поверхности 25 ниппеля и уплотняющей поверхности 35 муфты, которые являются плавно суженными. В показанной реализации, наклон уплотняющей поверхности 35 муфты относительно оси трубы составляет 10% (или 20%, как представлено в виде коэффициента сужения); наклон прямой линии, соединяющей два конца, определенный вдоль осевого направления, выпуклой криволинейной поверхности 25a уплотняющей поверхности 25 ниппеля, составляет 10%, т.е. равен наклону уплотняющей поверхности 35 муфты; наклон суживающейся поверхности 25b уплотняющей поверхности 25 ниппеля составляет 17,5% (или 35%, как представлено в виде коэффициента сужения); и наклон прямой линии, соединяющей два конца, как

определено вдоль осевого направления, всей уплотняющей поверхности 25 ниппеля, составляет  $(6+17,5)/(100+60) \approx 15\%$ . Таким образом, поскольку уплотняющие поверхности 25 и 35 ниппеля и муфты плавно сужаются, радиальная ширина поверхностей 24 и 34 концевых заплечика ниппеля и муфты увеличивается, тем самым дополнительно улучшая сопротивление сжатию. Дополнительно, поскольку эти концевые заплечики 24 и 34 могут выдерживать более высокие сжимающие нагрузки, для промежуточных заплечиков 23 и 33 и резьб 21, 31, 22 и 32 предусмотрен расчетный запас, что делает возможным усовершенствование для улучшения функций, отличных от сопротивления сжатию.

[0053] В резьбовом соединении 1 для трубы 1 согласно настоящему варианту выполнения, поверхность 23 промежуточного заплечика ниппеля 2 контактирует с поверхностью 33 промежуточного заплечика муфты 3, когда ниппель 2 затягивается в муфту 3. Крутящий момент свинчивания в это время иногда также называют крутящим моментом на заплечике. При дополнительном затягивании ниппеля 2 в муфту 3, скользящий контакт между поверхностями 23 и 33 промежуточного заплечика вызывает быстрое увеличение крутящего момента свинчивания. Таким образом, поверхности 23 и 33 промежуточного заплечика функционируют как заплечики для передачи крутящего момента. Поверхности 23 и 33 промежуточного заплечика или близлежащие участки и/или наружные резьбы 21 и 22 и/или внутренние резьбы 31 и 32 разрушаются, когда крутящий момент затягивания превышает соответствующие крутящие моменты на пределе текучести, и крутящий момент затягивания больше не увеличивается, даже когда увеличивается величина поворота затягивания. Следовательно, свинчивание должно быть завершено до того, как крутящий момент затягивания достигнет крутящего момента на пределе текучести.

[0054] В резьбовом соединении 1, после завершения свинчивания, опорные стороны наружных резьб 21 и 22 и внутренних резьб 31 и 32 находятся в контакте, в то же время небольшой зазор образован между закладными сторонами наружных резьб 21 и 22 и внутренних резьб 31 и 32, и кроме того образуются небольшие зазоры между поверхностями 24 и 34 концевых заплечика.

[0055] По мере того, как осевая сжимающая нагрузка, приложенная к резьбовому соединению в свинченном состоянии, постепенно увеличивается, сжимающая деформация, вызванная сжимающей нагрузкой, слегка сжимает в осевом направлении участки ниппеля 2 ближе к телу трубы, чем поверхность 23 промежуточного заплечика ниппеля, и участки муфты 3 ближе к телу трубы, чем поверхность 33 промежуточного заплечика муфты. Когда сжимающая нагрузка увеличивается до определенной величины, закладные стороны 22S и 32S второй наружной и внутренней резьб 22 и 32 начинают контактировать до того, как поверхности 24 и 34 концевых заплечика начинают контактировать, как показано на фиг. 2B; с этого момента эти закладные стороны 22S и 32S также несут часть сжимающей нагрузки. Нет необходимости, чтобы все винтовые поверхности закладных сторон 22S и 32S были в контакте, достаточно, чтобы некоторые участки закладных сторон 22S и 32S, как определено вдоль осевого и окружного

направлений, начали контактировать.

[0056] При дополнительном увеличении сжимающей нагрузки, поверхности 24 и 34 концевых заплечика начинают контактировать до того, как будет достигнута предельная сжимающая нагрузка, так что часть сжимающей нагрузки воспринимается поверхностями 24 и 34 концевых заплечика, а относительная величина смещения между уплотняющими поверхностями 25 и 35 ниппеля и муфты, вызванного сжимающей нагрузкой, является ограниченной. Если осевая величина смещения уплотняющей поверхности 25 ниппеля относительно уплотняющей поверхности 35 муфты было большим, суживающаяся форма этих уплотняющих поверхностей 25 и 35 будет вызывать большие давления на уплотняющие поверхности 25 и 35 ниппеля и муфты и близлежащие участки, приводя к накоплению повреждений; тогда, даже при снятии сжимающей нагрузки, результирующее упругое восстановление не обеспечит начального контактного давления уплотнения: в частности, будет уменьшаться герметичность от внутреннего давления. В резьбовом соединении 1 по настоящему варианту выполнения, относительная величина смещения между уплотняющими поверхностями 25 и 35 ниппеля и муфты, вызванная сжимающей нагрузкой, является ограниченной, таким образом уменьшая повреждения, накопленные внутри и вблизи уплотняющих поверхностей 25 и 35 ниппеля и муфты; таким образом, герметичность от внутреннего давления после исчезновения сжимающей нагрузки остается, по существу, такой же, как и прежде.

[0057] Настоящее изобретение может применяться не только к интегральным резьбовым соединениям, но также и к резьбовым соединениям муфтового типа. В противном случае, настоящее изобретение не ограничено иллюстрированными выше вариантами выполнения, и возможны различные модификации в пределах объема технических идей настоящего изобретения.

#### ПРИМЕРЫ

[0058] Для проверки эффектов резьбового соединения 1 для трубы нефтяной скважины согласно настоящему варианту выполнения, было проведено моделирование с использованием численного анализа упруго-пластическим методом конечных элементов для примеров изобретения, в которых концевые заплечики 24 и 34 не находятся в контакте при приложении осевой сжимающей нагрузки, и для сравнительных примеров, в которых концевые заплечики не контактируют, для оценки герметичности от внутреннего давления для каждого примера.

[0059] Герметичность от внутреннего давления оценивалась путем последовательного приложения комбинированных нагрузок к точкам (1)-(52), которые отображали эллипсы комбинированных нагрузок, имитирующие серию испытаний А в соответствии с API 5C5 CAL IV от 2017 года, показанные на фиг.4. На чертеже, «Сжатие» означает сжимающую нагрузку; «Растяжение» означает растягивающую нагрузку; «IP» означает внутреннее давление; «EP» означает внешнее давление; «VME 100% для трубы» указывает кривую текучести тела трубы, трубы нефтяной скважины; «CYS» (что означает предел текучести соединения) означает прочность резьбового соединения; «CYS 100%»

указывает кривую текучести резьбового соединения; «CYS 95%» указывает на кривую текучести 95% от 100% CYS; и «Высокое разрушение для соединения» указывает на кривую смятия в результате внешнего давления на резьбовое соединение. Кривая для «CYS 100%» была получена путем умножения осевой силы (сжатия или растяжения), указанной «VMA 100% для трубы», на прочность соединения JE.

[0060] Фиг.5 показывает контактное усилие уплотнения между уплотняющими поверхностями 25 и 35 ниппеля и муфты для сравнения значений для трех точек (7), (27) и (45) нагрузки при приложении простого внутреннего давления. Примеры по изобретению имели псевдо заплечики, тогда как сравнительные примеры не имели псевдо заплечиков.

[0061] LP7 указывает контактную силу уплотнения для точки (7) нагрузки, которая представляет собой первое приложение простого внутреннего давления вдоль повторяющегося пути комбинированной нагрузки для (1)-(52); LP27 указывает контактную силу уплотнения для точек (27) нагрузки, что представляет собой второе приложение простого внутреннего давления; а LP45 указывает контактное усилие уплотнения для точки (45) нагрузки, которая представляет собой третье приложение простого внутреннего давления.

[0062] Как видно из чертежа, контактная сила уплотнения уменьшилась более значительно для примеров без псевдо заплечиков, чем у образцов с псевдо заплечиками. Это подтверждает, что настоящее изобретение уменьшает снижение герметичности от внутреннего давления после приложения повторяющихся комбинированных нагрузок.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОЧНЫХ ПОЗИЦИЙ

- [0063] 1: резьбовое соединение для труб;  
 2: ниппель;  
 21: первая наружная резьба;  
 22: вторая наружная резьба;  
 23: поверхность промежуточного заплечика;  
 24: поверхность концевого заплечика;  
 25: уплотняющая поверхность ниппеля;  
 3: муфта;  
 31: первая внутренняя резьба;  
 32: вторая внутренняя резьба;  
 33: поверхность промежуточного заплечика;  
 34: поверхность концевого заплечика;  
 35: уплотняющая поверхность муфты.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение для труб, содержащее трубчатый ниппель и трубчатую муфту, при этом ниппель и муфта выполнены с возможностью свинчивания при ввинчивании ниппеля в муфту, при этом:

ниппель включает в себя: первую наружную резьбу; вторую наружную резьбу, расположенную дальше к кончику, чем первая наружная резьба, и имеющую меньший диаметр, чем первая наружная резьба; поверхность промежуточного заплечика ниппеля, расположенную между первой наружной резьбой и второй наружной резьбой; поверхность концевого заплечика ниппеля, расположенную на кончике ниппеля; и уплотняющую поверхность ниппеля, расположенную между второй наружной резьбой и поверхностью концевого заплечика ниппеля;

муфта включает в себя: первую внутреннюю резьбу, выполненную с возможностью зацепления первой наружной резьбой когда соединение свинчено; вторую внутреннюю резьбу, выполненную с возможностью зацепления второй наружной резьбой, когда соединение свинчено; поверхность промежуточного заплечика муфты, выполненную с возможностью контакта с поверхностью промежуточного заплечика ниппеля, когда соединение свинчено; поверхность концевого заплечика муфты, соответствующую поверхности концевого заплечика ниппеля; и уплотняющую поверхность муфты, расположенную между второй внутренней резьбой и поверхностью концевого заплечика муфты и выполненную с возможностью контакта с уплотняющей поверхностью ниппеля вдоль всей окружности, когда соединение свинчено;

при этом осевое расстояние между поверхностью промежуточного заплечика муфты и поверхностью концевого заплечика муфты, перед свинчиванием муфты,  $L_B$ , больше, чем осевое расстояние между поверхностью промежуточного заплечика ниппеля и поверхностью концевого заплечика ниппеля, перед свинчиванием ниппеля,  $L_P$ ; и

причем разница между осевыми расстояниями ( $L_B - L_P$ ) является такой, что, когда соединение свинчено и при приложении осевой сжимающей нагрузки, поверхность концевого заплечика ниппеля начинает контактировать с поверхностью концевого заплечика муфты раньше, чем достигается резьбовое соединение для труб.

2. Резьбовое соединение для труб по п.1, в котором осевые расстояния  $L_B$  и  $L_P$  являются такими, что, когда соединение свинчено и осевая сжимающая нагрузка не приложена, образуется зазор между поверхностью концевого заплечика ниппеля и поверхностью концевого заплечика муфты.

3. Резьбовое соединение для труб по п.2, в котором

вторая наружная резьба и вторая внутренняя резьба сконструированы таким образом, что при свинчивании соединения и отсутствии приложения осевой сжимающей нагрузки, образуется зазор между закладными сторонами второй наружной резьбы и второй внутренней резьбы; и

зазор между закладными сторонами имеет такой размер, что по мере постепенного увеличения приложенной осевой сжимающей нагрузки, сначала начинают контактировать

закладные стороны, а затем начинают контактировать поверхность концевой заплечика ниппеля и поверхность концевой заплечика муфты.

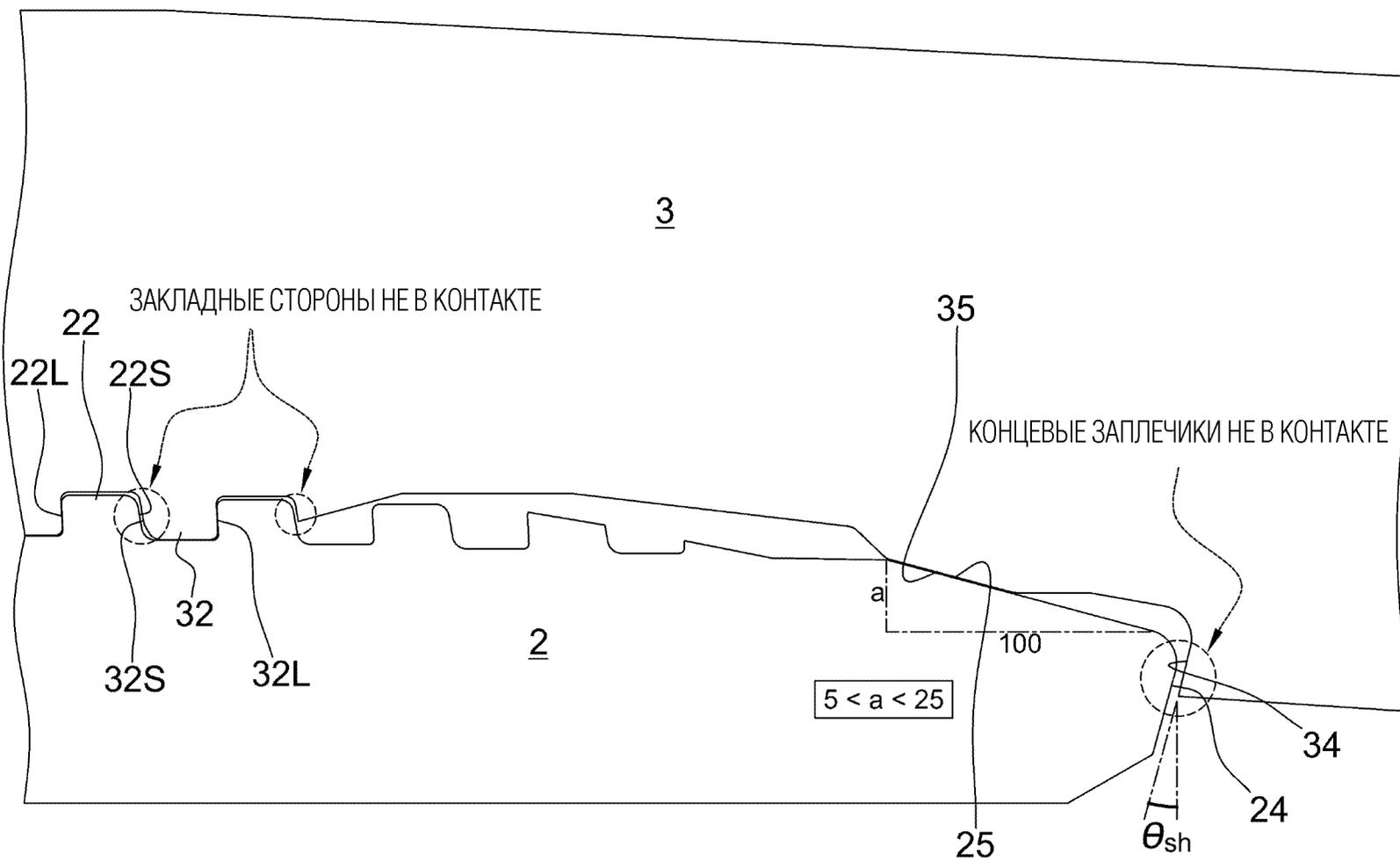
4. Резбовое соединение для труб по пп. 1, 2 или 3, в котором наклон прямой линии, соединяющей концы, как определено вдоль осевого направления, уплотняющей поверхности ниппеля составляет более 5% и менее 25%.

По доверенности



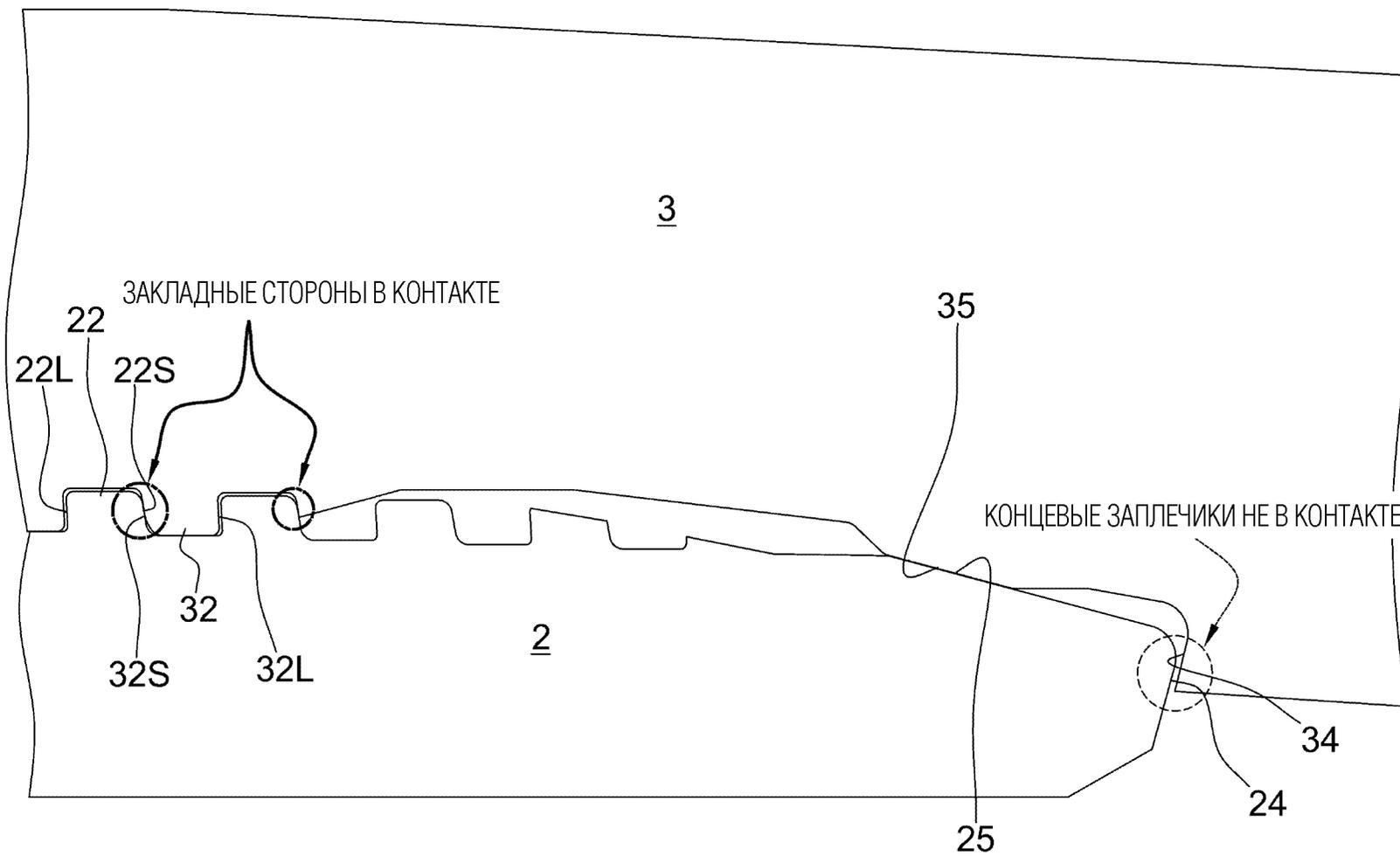
ФИГ. 2А

СЖИМАЮЩАЯ НАГРУЗКА НЕ ПРИЛОЖЕНА



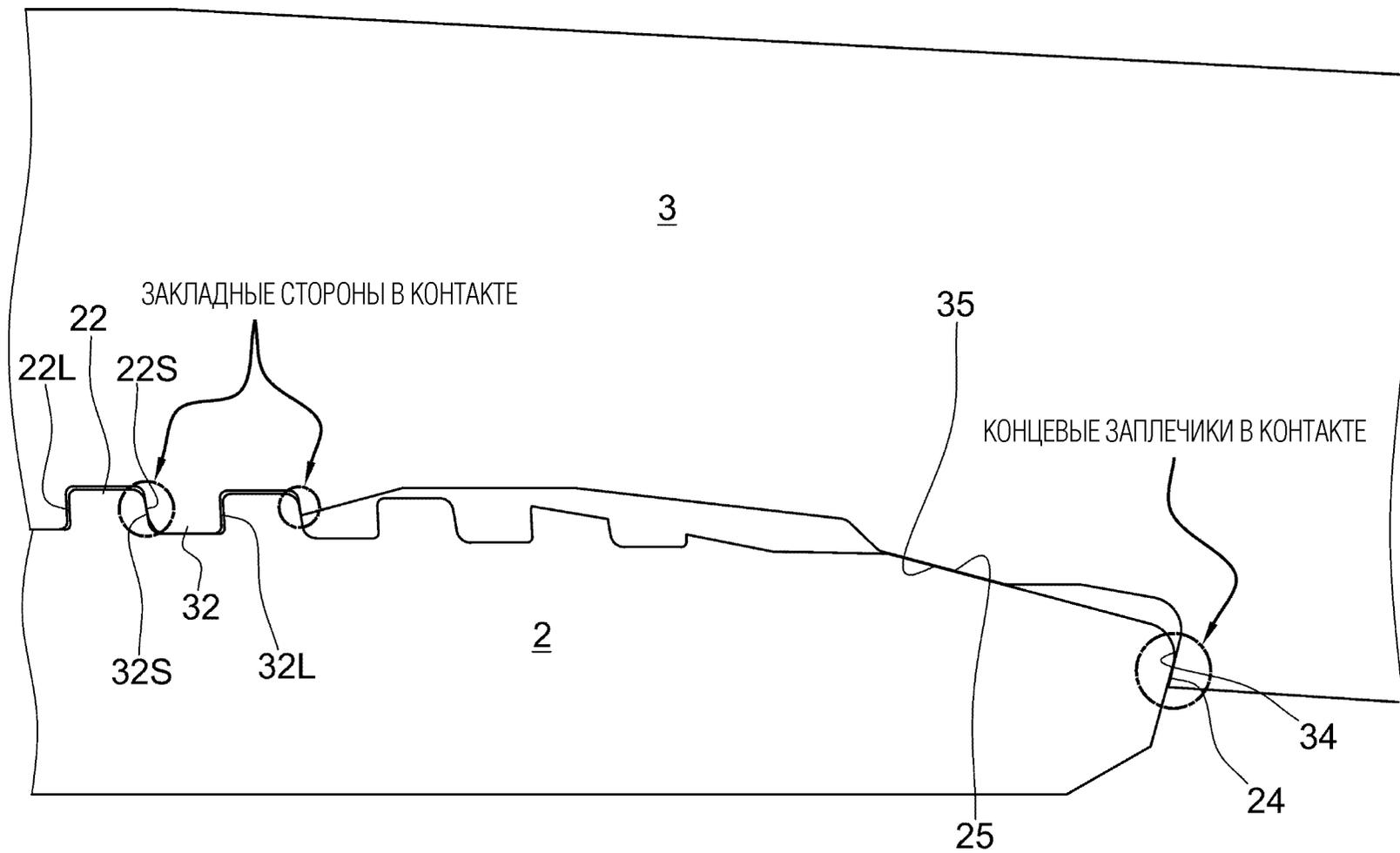
ФИГ. 2В

ПРИЛОЖЕН ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ СЖИМАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ



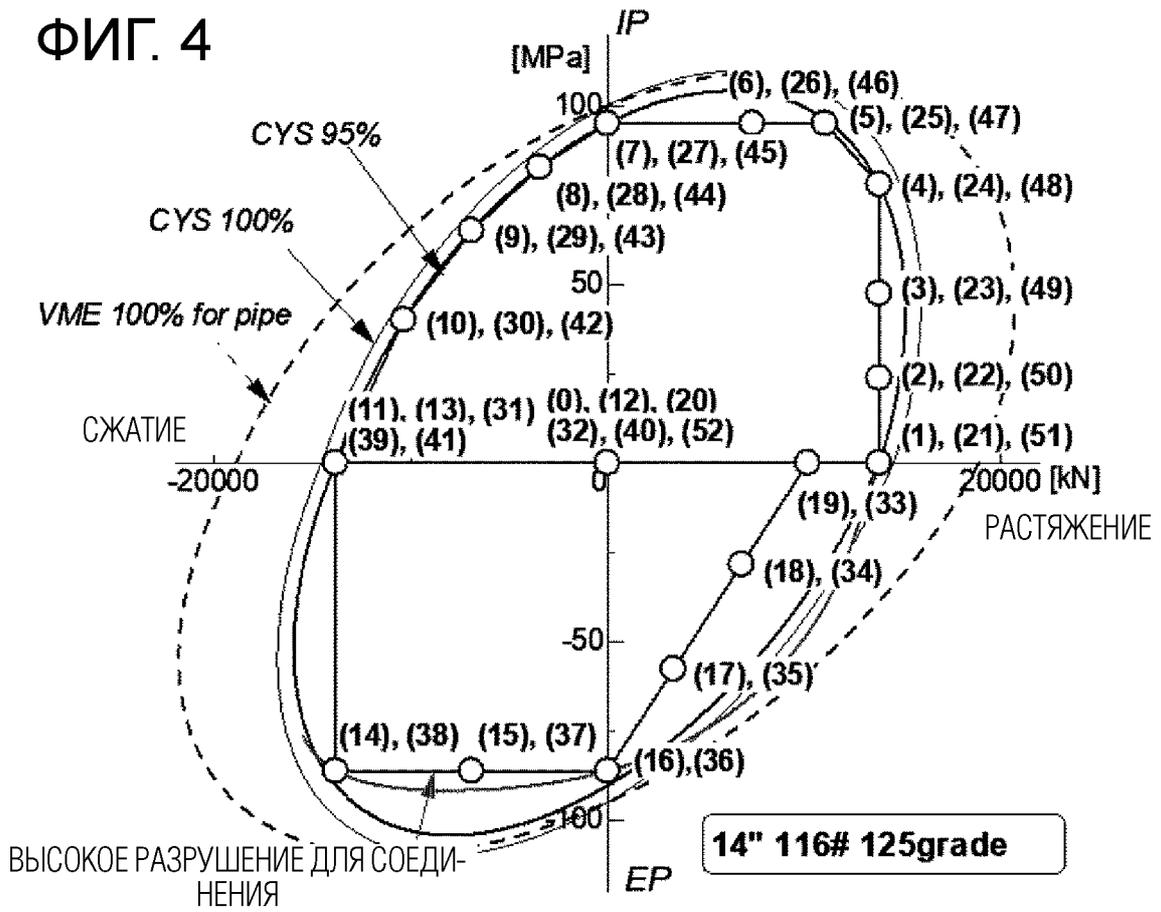
ФИГ. 2С

ПРИЛОЖЕНА БОЛЬШАЯ СЖИМАЮЩАЯ НАГРУЗКА





ФИГ. 4



ФИГ. 5

