

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **018792**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2013.10.30

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

(21) Номер заявки
201170837

(22) Дата подачи заявки
2009.12.07

(54) **ТРУБНОЕ СОЕДИНЕНИЕ С САМОФИКСИРУЮЩИМИСЯ РЕЗЬБАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

(31) **0807088**

(56) FR-A-2855587
US-E-RE30647
US-B1-6206436

(32) **2008.12.16**

(33) **FR**

(43) **2011.12.30**

(86) **PCT/EP2009/008711**

(87) **WO 2010/069491 2010.06.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ВАЛЛУРЕК МАННЕСМАНН ОЙЛ
ЭНД ГЕС ФРАНС (FR); СУМИТОМО
МЕТАЛ ИНДАСТРИС, ЛТД. (JP)**

(72) Изобретатель:
Мартин Пьерр, Верже Эрик (FR)

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

(57) Изобретение относится к резьбовому соединению, которое включает первый и второй трубные компоненты, каждый из которых оснащается соответствующими охватываемым (1) и охватывающим (2) концами, где охватываемый конец (1) включает на наружной периферической поверхности по меньшей мере одну резьбовую зону (3) и заканчивается концевой поверхностью (7), которая ориентирована радиально относительно оси (10) соединения, охватывающий конец (2) включает на внутренней периферической поверхности по меньшей мере одну резьбовую зону (4) и заканчивается концевой поверхностью (8), которая ориентирована радиально относительно оси (10) соединения, наружная резьбовая зона (3) содержит первый участок, на котором ширина зубьев, CW_{Tr} , увеличивается от значения CW_{Tr} , соответствующего ширине зуба, ближайшего к концевой поверхности (7) охватываемого конца (1), до значения CW_{Trmax} , соответствующего ширине зуба, наиболее удаленного от указанной концевой поверхности (7), в то время как ширина зубьев, CW_{Tb} , внутренней резьбовой зоны (4) уменьшается от значения CW_{Tbmax} , соответствующего ширине зуба, наиболее удаленного от концевой поверхности (8) охватывающего конца (2), до значения CW_{Tbmin} , соответствующего ширине зуба, ближайшего к указанной концевой поверхности (8), так, чтобы резьбовые зоны (3, 4) взаимодействовали в соответствии с самофиксирующимся свинчиванием, отличающееся тем, что $CW_{Tbmin}/CW_{Tbmax} > 0,2$ и $CW_{Tbmin}/CW_{Tbmax} < CW_{Tbmin}/CW_{Tbmax}$.

B1**018792****018792****B1**

Изобретение относится к резьбовому соединению с самофиксирующимися резьбами, включающему первый и второй трубные компоненты, один из которых оснащён охватываемым трубным концом, второй - охватывающим трубным концом, при этом каждый конец оснащается резьбовой зоной, которые при свинчивании друг с другом могут взаимодействовать посредством самофиксирующегося затягивания до положения фиксации.

Трубы традиционно соединяются путём свинчивания известным способом, при этом указанные трубы, как предполагается в контексте эксплуатации углеводородной скважины, составляют обсадную или насосно-компрессорную колонну.

Как правило, указанные трубы включают конец, оснащённый наружной резьбовой зоной, и конец, оснащённый внутренней резьбовой зоной, каждая из которых предназначена для сборки путём свинчивания с соответствующим концом второго компонента, где узел в сборе определяет соединение. Составленная таким образом колонна при выполнении горизонтального бурения скважины может вращаться для того, чтобы позволить указанной колонне продвигаться ко дну скважины или перемещаться горизонтально, если скважина представляет собой горизонтально пробуренную скважину. Поэтому компоненты должны быть свинчены друг с другом с высоким крутящим моментом для того, чтобы они могли передавать высокий крутящий момент, достаточный для того, чтобы позволить колонне продвигаться в скважину, а также для того, чтобы колонна не развинчивалась. Для традиционных изделий крутящий момент при свинчивании, как правило, достигается, благодаря взаимодействию посредством подтягивания опорных поверхностей, предусмотренных на каждом из компонентов, подлежащих свинчиванию. Однако из-за того, что размер опорных поверхностей составляет часть толщины труб, при приложении слишком большого крутящего момента при свинчивании быстро достигается критический порог пластичности.

По этой причине были выполнены опытно-конструкторские работы, посвященные, например, таким соединениям, как соединения, продаваемые заявителем под торговым наименованием VAM®HTF, в частности в отношении резьб, с целью получения способности отвода от опорных поверхностей по меньшей мере части или всех нагрузок, которые они не способны вместить. Эта цель была достигнута при использовании самофиксирующихся резьб, описанных в документе FR 2855587. В самофиксирующихся резьбах соединений этого типа, как описано в известном уровне техники в документах US Re 30647 и US Re 34467, витки резьбы (также именуемые зубьями) охватываемого конца и витки резьбы (также именуемые зубьями) охватывающего конца имеют постоянный шаг, но переменную ширину резьбы. Точнее, значения ширины вершины профиля витков резьбы (или зубьев) постепенно увеличиваются для витков резьбы охватываемого конца или соответственно охватывающего конца с увеличением расстояния от охватываемого конца или соответственно охватывающего конца. Таким образом, в ходе свинчивания наружные и внутренние витки резьбы (или зубья) в конечном итоге фиксируются друг в друге в положении, которое соответствует точке фиксации. Точнее, фиксация возникает для самофиксирующихся резьб, когда стороны профилей наружных витков резьбы (или зубьев) фиксируются сторонами профилей соответствующих внутренних витков резьбы (или зубьев). При достижении положения фиксации наружные и внутренние резьбовые зоны, свинчиваемые друг с другом, имеют плоскость симметрии, где общая ширина на середине высоты в центре наружных и внутренних зубьев, расположенных в конце наружной резьбовой зоны, соответствует общей ширине на середине высоты в центре наружных и внутренних зубьев, расположенных на конце внутренней резьбовой зоны.

Поэтому крутящий момент при свинчивании принимается всеми поверхностями контакта между сторонами профилей витков резьбы, т.е. всей площадью поверхности, которая существенно больше, чем площадь, образуемая опорными поверхностями в известном уровне техники.

Однако традиционные самофиксирующиеся резьбовые соединения встречаются с определёнными ограничениями в актуальных применениях там, где растягивающие/сжимающие напряжения особенно высоки. На самом деле, в конце наружной резьбовой зоны, где ширина наружных витков резьбы (или зубьев) имеет наименьшие значения, указанные витки резьбы взаимодействуют с витками резьбы (или зубьями) охватывающего конца, которые, наоборот, обладают большими значениями ширины. Согласно наблюдениям, когда соединение эксплуатируется с чередованием растяжения/сжатия, стороны профилей витков резьбы (или зубьев) конца наружной резьбовой зоны подвергаются чрезвычайно высоким напряжениям сдвига, что может приводить к износу наружных зубьев, и соответственно, когда соединение эксплуатируется с чередованием растяжения/сжатия, стороны профилей витков резьбы (или зубьев) конца внутренней резьбовой зоны подвергаются чрезвычайно высоким напряжениям сдвига, что может приводить к износу внутренних зубьев.

Для преодоления указанных трудностей было рассмотрено решение, заключающееся в изготовлении резьбы, в которой ширина витков резьбы (или зубьев) конца наружной резьбовой зоны была бы больше, при этом полная длина резьбовых зон оставалась неизменной. Однако такое решение включает увеличение шага резьбы. Поэтому это решение имеет недостаток, заключающийся в уменьшении количества витков резьбы, и соответственно увеличивает риск выхода из зацепления, что соответствует замыканию наружных и внутренних витков резьбы при действии на соединение больших изгибающих или растягивающих нагрузок. Кроме того, данное решение имеет недостаток, который заключается в уменьшении площади поверхности контакта в витках резьбы и соответственно уменьшении допустимого кру-

тящего момента в резьбовом соединении.

Также было изучено и другое решение, которое заключается в увеличении количества витков резьбы без изменения общей длины резьбовой зоны. Преимуществом этого решения является то, что оно предоставляет большую общую поверхность контакта между сторонами профилей наружных и внутренних витков резьбы и, таким образом, уменьшает нагрузки на каждый из витков резьбы. Однако такое решение включает уменьшение изменения значений ширины витков резьбы (также называемого степенью клиновидности). Поэтому характеристики самофиксации витков резьбы ослабляются, это означает, что положение фиксации витков резьбы становится колеблющимся, принимая во внимание геометрические погрешности механической обработки. Это особенно проблематично, если имеется зона уплотнения "металл-металл", где две поверхности, предусмотренные соответственно на охватываемом конце и охватываемом конце трубных компонентов соединения, должны взаимодействовать путём посадки с натягом.

Поэтому целью настоящего изобретения является снижение особенно заметной непропорциональности, расположенной поблизости от конца наружной резьбовой зоны, между значениями ширины зубьев наружной и внутренней резьбовых зон без изменения полной длины резьбовой зоны или степени клиновидности.

Точнее, изобретение предусматривает резьбовое соединение, которое включает первый и второй трубные компоненты, каждый из которых оснащается соответствующим охватываемым и охватывающим концами, при этом охватываемый конец включает на наружной периферической поверхности по меньшей мере одну резьбовую зону и заканчивается концевой поверхностью, которая ориентирована радиально относительно оси соединения, охватывающий конец включает на внутренней периферической поверхности по меньшей мере одну резьбовую зону и заканчивается концевой поверхностью, которая ориентирована радиально относительно оси соединения, наружная резьбовая зона содержит первый участок, на котором ширина зубьев $CWTr$ увеличивается от значения $CWTr_{min}$, соответствующего ширине зуба, ближайшего к концевой поверхности охватываемого конца, до значения $CWTr_{max}$, соответствующего ширине зуба, наиболее удалённого от указанной концевой поверхности, в то время как ширина зубьев $CWTb$ наружной резьбовой зоны уменьшается от значения $CWTb_{max}$, соответствующего ширине зуба, наиболее удалённого от концевой поверхности охватывающего конца, до значения $CWTb_{min}$, соответствующей ширине зуба, ближайшего к указанной концевой поверхности, так что резьбовые зоны взаимодействуют в соответствии с самофиксирующимся свинчиванием, характеризующееся тем, что:

$$\frac{CWTr_{min}}{CWTb_{max}} \geq 0,2 \text{ и}$$

$$\frac{CWTb_{min}}{CWTr_{max}} = \frac{CWTr_{min}}{CWTb_{max}}$$

Ниже приведены необязательные дополнительные или замещающие характеристики настоящего изобретения.

Соотношение между шириной $CWTr_{min}$ зуба, ближайшего к концевой поверхности охватываемого конца, и шириной $CWTb_{max}$ зуба, наиболее удалённого от концевой поверхности охватывающего конца, составляет 0,3-0,7.

Наружная резьбовая зона состоит из первого участка, расположенного на стороне концевой поверхности, где ширина впадин профиля $CWRp$ уменьшается, и второго участка, расположенного на стороне, противоположной концевой поверхности, где ширина впадин профиля $CWRp$ остаётся постоянной и имеет значение, которое больше или равно пороговому значению $CWRp_{threshold}$.

Предпочтительно, согласно этому варианту, шаг резьбы между ударными сторонами профиля наружной резьбы $SFPp$ является постоянным на первом участке, а на втором участке становится равным значению шага резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы $LFPp$, которое остаётся постоянным на первом и втором участках.

Альтернативно, согласно этому варианту, шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы $LFPp$ является постоянным на первом участке, а на втором участке становится равным значению шага резьбы между ударными сторонами профиля $SFPp$, которое остаётся постоянным на первом и втором участках.

Наружная резьбовая зона состоит из первого участка, расположенного на стороне концевой поверхности, где значение ширины впадин профиля $CWRp$ уменьшается до значения $CWRp_{threshold}$, и второго участка, расположенного на стороне, противоположной концевой поверхности, где значение ширины впадин профиля $CWRp$ увеличивается.

Предпочтительно, согласно этому варианту, шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы $LFPp$ является постоянным на первом участке, а на втором участке значение $LFPp$ становится равным значению шага резьбы между ударными сторонами профиля резьбы на первом участке $SFPp$. Кроме того, шаг резьбы между ударными сторонами профиля наружной резьбы $SFPp$ является постоянным на первом участке, а на втором участке значение $SFPp$ становится равным значению шага резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы на первом участке $LFPp$.

Значение $CWRp_{threshold}$ составляет 0,7 и более от высоты зуба.

Наружная и внутренняя резьбовые зоны содержат образующую конуса, которая образует угол с осью соединения, имеющий значение в интервале 1-5°.

Зубья наружной и внутренней резьбовых зон имеют профиль "ласточкин хвост".

Вершины зубьев и впадины профилей наружных и внутренних резьбовых зон параллельны оси резьбового соединения.

Между вершинами зубьев наружной резьбовой зоны и впадинами профиля внутренней резьбовой зоны предусматривается зазор h .

Охватываемый и охватывающий концы включают соответственно уплотняющие поверхности, и эти уплотняющие поверхности могут взаимодействовать друг с другом в уплотняющем контакте, когда резьбовые зоны взаимодействуют в ходе самофиксирующегося свинчивания.

Уплотняющие поверхности состоят соответственно из куполообразной поверхности на одной поверхности и конической поверхности - на другой поверхности.

Куполообразная поверхность на одной из уплотняющих поверхностей имеет образующую с радиусом кривизны в интервале 30-80 мм.

Значение тангенса половинного угла при вершине конической поверхности одной из уплотняющих поверхностей составляет 0,025-0,075.

Зона взаимодействия уплотняющих поверхностей, находящихся в уплотняющем контакте, располагается между концевой поверхностью охватываемого конца и резьбовыми зонами.

Характерные особенности и преимущества изобретения более подробно раскрыты в нижеследующем описании, выполненном на основании сопроводительного графического материала.

Фиг. 1 - схематическое изображение соединения, содержащего самофиксирующуюся резьбу в соответствии с известным уровнем техники.

Фиг. 2 - схематическое изображение соединения, содержащего самофиксирующуюся резьбу, предназначенную для нефтяных или газовых скважин, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения.

Фиг. 3 - подробный вид охватываемого конца трубного компонента соединения в соответствии с известным уровнем техники.

Фиг. 4 - подробный вид охватывающего конца трубного компонента соединения в соответствии с известным уровнем техники.

Фиг. 5 - подробный вид охватываемого конца трубного компонента соединения согласно изобретению.

Фиг. 6 - подробный вид охватывающего конца трубного компонента соединения согласно изобретению.

Фиг. 7 - подробный вид двух, наружной и внутренней, резьбовых зон соединения согласно изобретению, взаимодействующих при самофиксирующемся затягивании.

Фиг. 8 - подробный вид охватывающего конца согласно одному из вариантов в соответствии с изобретением.

Фиг. 9 - график, демонстрирующий изменение значений шага резьбы между нагруженными и ударными сторонами профилей вдоль витков резьбы охватываемого и охватывающего концов в соответствии с фиг. 5 и 6 в зависимости от расстояния от передней поверхности 7 на свободном охватываемом конце.

Фиг. 10-12 - графики, сходные с графиком, изображенным на фиг. 8, для охватываемых концов, составляющих варианты, изображенные на фиг. 5.

Показанное на фиг. 1 резьбовое трубное соединение, известное из уровня техники, включает трубный элемент, который оснащен охватываемым концом 1, и трубный элемент, который оснащен охватывающим концом 2, которые оснащены соответствующими коническими резьбовыми зонами 3а, 4а, взаимодействующими друг с другом при создании сопряженного соединения путём свинчивания указанных двух элементов. Резьбовые зоны 3а, 4а относятся к известному "самофиксирующемуся" типу (т.е. они имеют постепенно изменяющуюся осевую ширину витков резьбы и/или интервалы между витками резьбы), где в ходе свинчивания до достижения конечного положения фиксации осуществляется постепенное осевое затягивание.

На фиг. 7 более подробно показаны "самофиксирующие" особенности резьбовых зон. Термин "самофиксирующиеся резьбовые зоны" означает резьбовые зоны, которые включают особенности, более подробно описываемые ниже. Наружные витки резьбы (или зубья) 32, как и внутренние витки резьбы (или зубья) 42 имеют постоянный шаг резьбы, несмотря на то, что их ширина уменьшается в направлении соответствующих концевых поверхностей 7, 8, и, таким образом, в ходе свинчивания наружные 32 и внутренние 42 витки резьбы (или зубья) в конечном итоге фиксируются друг в друге в определённом положении. Точнее, шаг резьбы LFPb между нагруженными сторонами профиля резьбы 40 внутренней резьбовой зоны 4 является постоянным, как и шаг резьбы SFPb между ударными сторонами профиля резьбы 41 внутренней резьбовой зоны, с той особенностью, что шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля резьбы 40 больше, чем шаг резьбы между ударными сторонами профиля резьбы 41. Сходным образом, шаг резьбы SFPp между ударными сторонами профиля наружной резьбы 31 является постоянным, как и шаг резьбы LFPr между нагруженными сторонами профиля резьбы 30. Кроме того, со-

ответствующие значения шага резьбы SFPp и SFPb между ударными сторонами профиля наружной резьбы 31 и ударными сторонами профиля внутренней резьбы 41 равны и не превышают соответствующие значения LFPr и LFPb между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы 30 и нагруженными сторонами профиля внутренней резьбы 40, которые равны между собой.

Как видно на фиг. 3 и 4, резьбовые зоны 3а и 4а, известные из уровня техники, имеют плоскость симметрии 100, расположенную на расстоянии PDAP от концевой поверхности 7 охватываемого конца. В этой плоскости симметрии значения ширины ближайших к плоскости 100 наружных (CWT_{pref}) и внутренних (CWT_{bref}) зубьев равны.

Как видно на фиг. 3 и 4, на которых представлены подробности фиг. 1, а именно на фиг. 3 вид в продольном разрезе охватываемого конца и на фиг. 4 вид в продольном разрезе охватывающего конца, ширина CWT_{rmin} зуба (или витка резьбы), расположенного ближе всех к концевой поверхности 7 охватываемого конца 1, с одной стороны, имеет наименьшее значение во всей наружной резьбовой зоне и, с другой стороны, соответствует ширине впадины профиля CWR_{rmin}, расположенной в наибольшем удалении от указанной концевой поверхности 7.

Сходным образом, как видно, ширина CWT_{bmin} зуба (или витка резьбы), расположенного в наибольшей близости к концевой поверхности 8 охватывающего конца, с одной стороны, имеет наименьшее значение во всей наружной резьбовой зоне и, с другой стороны, соответствует ширине впадины профиля CWR_{bmin}, расположенной в наибольшем удалении от указанной концевой поверхности 8. Ясно, что для получения радиального затягивания резьбовых зон ширина CWT_{rmin} самого узкого зуба в наружной резьбовой зоне равна ширине CWR_{bmin} самой узкой впадины профиля во внутренней резьбовой зоне.

Поэтому, как можно видеть, самые узкие зубья в наружной и внутренней резьбовых зонах, соответственно, зажаты между соответствующими зубьями, которые являются самыми широкими. Узкие зубья вблизи концевой поверхности охватываемого и охватывающего концов, как и зубья большой ширины, которые их зажимают, могут по отдельности или в сочетании приводить к риску истирания указанных узких зубьев посредством сдвига.

Следует отметить, что риск сдвига намного более критичен для зуба с минимальной шириной CWT_{rmin}, расположенного на охватываемом конце 1, чем для зуба с минимальной шириной CWT_{bmin}, расположенного на охватывающем конце 2, поскольку наружная резьбовая зона 1 имеет недостатки вблизи наружных зубьев, которые зажимают зуб с минимальной шириной CWT_{bmin}. Фактически поблизости от зуба с минимальной шириной CWT_{bmin} соответствующие наружные зубья имеют уменьшенную высоту, допускающую переход к участкам без резьбы, и, таким образом, создают намного меньший риск разрыва для соответствующих внутренних зубьев.

Следует отметить, что для соединения, образуемого в результате сборки длинного трубного компонента, несущего охватываемый конец, с коротким трубным компонентом (последний называется муфтой), несущим охватывающий конец, зубья охватываемого конца являются более несовершенными вблизи перехода к участкам без резьбы. Таким образом, риск того, что наружные зубья будут зажимать зубья с минимальной шириной CWT_{bmin} на охватывающем конце, становится ещё меньшим. Таким образом, изобретение в особенности применимо к соединениям, включающим несовершенные витки резьбы или зубья, взаимодействующие с зубьями минимальной ширины на охватывающем конце.

Для преодоления этой трудности настоящее изобретение, описанное на фиг. 2, 5 и 6, предлагает изготовление наружной резьбовой зоны 3, взаимодействующей с внутренней резьбовой зоной 4, с длиной и шагом резьбы, идентичными таковым из уровня техники. Усовершенствование заключается в том, что соотношение между шириной CWT_{rmin} зуба, ближайшего к концевой поверхности 7 охватываемого конца 1, и шириной зуба CWT_{bmax} наиболее удалённого от концевой поверхности 8 охватывающего конца 2, менее непропорционально, т.е. более уравновешено. В частности, значение этого соотношения выбирается равным 0,2 или более.

Получается следующее неравенство:

$$\frac{CWT_{rmin}}{CWT_{bmax}} \geq 0,2$$

Ясно, что для сопротивления чередующимся напряжениям растяжения/сжатия соотношение между CWT_{rmin} и CWT_{bmax} тем лучше, чем оно ближе к 1. Такая конфигурация приводит к вытягиванию концевой поверхности 7 охватываемого конца ближе к оси симметрии 40 соединения, известного из уровня техники, путём исключения участка наружной резьбовой зоны, на котором зубья наиболее узкие. Таким образом, ширина зуба, ближайшего к концевой поверхности 7, увеличивается путём присвоения ей значения, приближающегося к CWT_{refr}, которое соответствует ширине зуба, ближайшего к оси симметрии 40 соединения, известного из уровня техники. Поэтому расстояние PDAP, которое соответствует расстоянию между осью 100 и концевой поверхностью 7, уменьшается.

Кроме того, с целью сохранения общей длины резьбовых зон, известных из уровня техники, для поддержания на неизменном уровне крутящего момента при свинчивании, резьбовая зона на конце, противоположном концевой поверхности 7, аналогичным образом удлиняется. Поэтому на стороне концевой поверхности 8 охватывающего конца 2 соотношение между шириной CWT_{bmin} зуба, ближайшего к концевой поверхности 8 охватывающего конца 2, и шириной CWT_{rmax} зуба, наиболее удалённого от кон-

цевой поверхности 7 охватываемого конца 1, имеет тенденцию к уменьшению. В результате получаем следующее уравнение:

$$\frac{CWTb_{min}}{CWTp_{max}} \approx \frac{CWTp_{min}}{CWTb_{max}}$$

Следует отметить, что усугубление непропорциональности между шириной $CWTb_{min}$ зуба, ближайшего к концевой поверхности 8 охватываемого конца 2, и шириной $CWTp_{max}$ зуба, наиболее удалённого от концевой поверхности 7 охватываемого конца 1, пагубно лишь в небольшой степени, поскольку зубья охватываемого конца в этой области называются "несовершенными". Фактически они, как правило, включают фаску, которая ослабляет риск сдвига для зубьев соответствующего охватываемого конца.

Поскольку настоящее изобретение базируется на общих длинах, полученных из длин, известных из уровня техники, понятно, что ширина впадин профиля напротив концевой поверхности 7 охватываемого конца 1 намного меньше значения $CWRp_{min}$, соответствующего минимальной ширине впадин профиля резьбы, известных из уровня техники. Таким образом, могут возникать трудности при механической обработке с сохранением заданной длины резьбовой зоны и сохранением значения шага резьбы между нагруженными и ударными сторонами профиля резьбы. Фактически ширина $CWRp_{min}$ настолько мала, что используемые режущие инструменты повреждаются при её прохождении. По этой причине, изобретение предлагает усовершенствование, которое заключается в модификации наружной резьбовой зоны при достижении шириной впадин профиля наружной резьбовой зоны порогового значения $CWRp_{threshold}$. Это значение $CWRp_{threshold}$ составляет 0,7 и более от высоты зуба.

В первом варианте, показанном на фиг. 5, когда ширина впадин профиля наружной резьбовой зоны достигает порогового значения $CWRp_{threshold}$, наружная резьбовая зона приобретает профиль, который больше не является самофиксирующимся, но имеет постоянные значения ширины зубьев и впадин профиля, которые соответственно равны $CWTp_{max}$ и $CWRp_{min}$. Таким образом, исходя из расстояния $VPEST$, значение $CWRp_{min} = CWRp_{threshold}$. Этот переход происходит на расстоянии $VPEST$ от концевой зоны 7, отделяющей первый участок наружной резьбовой зоны, который расположен на стороне концевой поверхности 7, от второго участка наружной резьбовой зоны, который расположен на стороне, противоположной концевой поверхности 7. Таким образом, впадины профиля изготавливаются посредством механической обработки с постоянной шириной $CWRp_{threshold}$, а зубья изготавливаются посредством механической обработки с постоянной шириной $LFPp - CWRp_{threshold}$. Шаг резьбы наружной резьбовой зоны становится шагом резьбы, соответствующим шагу резьбы между нагруженными сторонами профиля резьбы для совместимости с внутренней резьбовой зоной, самофиксирующийся профиль которой не претерпевает каких-либо изменений (см. фиг. 6). Как показано на графике шага резьбы, изображенном на фиг. 9, в наружной резьбе шаг резьбы между ударными сторонами профиля резьбы $SFPp$ на расстоянии $VPEST$ от передней поверхности 7 резко увеличивается до значения, равного шагу резьбы между нагруженными сторонами профиля резьбы $LFPp$, при этом шаг резьбы остаётся постоянным по всей длине резьбы. Шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля резьбы и ударными сторонами профиля резьбы для внутренней резьбы остаётся постоянным по всей длине внутренней резьбы. Поэтому следует отметить, что контакт между нагруженными сторонами профилей наружной и внутренней резьбы сохраняется, а контакт между ударными сторонами профилей наружной и внутренней резьбы исчезает. Однако, поскольку на этом участке наружные витки резьбы (или зубья) несовершенны, это лишь в небольшой степени вредно с точки зрения механической прочности. Следует отметить, что значение $CWRp_{threshold}$ может соответствовать значению осевого пространства, необходимому для обработки сторон профиля резьбы режущим инструментом, ниже которого указанная механическая обработка требует модификации инструментов.

В разновидности первого варианта, как показано на фиг. 10, шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы $LFPp$ резко уменьшается на расстоянии $VPEST$ от передней поверхности 7 до значения, равного шагу резьбы между ударными сторонами профиля резьбы $SFPp$, при этом шаг резьбы остаётся постоянным по всей длине резьбы. Значения шага резьбы между нагруженными сторонами профиля резьбы и ударными сторонами профиля резьбы для внутренних витков резьбы остаются постоянными по всей длине внутренней резьбы. Как и в предыдущем случае, ширина впадин профиля наружной резьбы остаётся постоянной и равной $CWRp_{min}$. Следует отметить, что контакт между ударными сторонами профилей наружной и внутренней резьбы в данном альтернативном варианте сохраняется, в то время как контакт между нагруженными сторонами профилей наружной и внутренней резьбы исчезает.

Во второй разновидности первого варианта, как показано на фиг. 8, начиная с расстояния $VPEST$, внутренняя резьбовая зона также может приобретать профиль, где значения ширины зубьев и впадин профиля являются постоянными и равными соответственно $CWTb_{min}$ и $CWRb_{max}$.

Во втором варианте, когда ширина впадин профиля наружной резьбовой зоны достигает порогового значения $CWRp_{threshold}$, наружная резьбовая зона приобретает самофиксирующийся профиль, где ширина впадин профиля больше не уменьшается, но начинает возрастать, в то время как уменьшается ширина зубьев. Этот переход происходит на расстоянии $VPEST$ от концевой поверхности 7. Шаг резьбы

между нагруженными сторонами профиля резьбы для наружной резьбовой зоны LFPp не изменяется. Напротив, шаг резьбы между ударными сторонами профиля резьбы для наружной резьбовой зоны принимает повышенное значение SFPp. Точнее, LFPp больше SFPp, когда ширина впадин профиля наружной резьбовой зоны больше CWRpthreshold, и LFPp меньше SFPp, когда ширина впадин профиля наружной резьбовой зоны меньше CWRpthreshold (см. график на фиг. 11). Специалисту в данной области также известно, каким образом выбрать значение SFPp, совместимое с внутренней резьбовой зоной, при этом последняя не претерпевает каких-либо изменений в отношении её собственного самофиксирующегося профиля.

В третьем варианте, показанном на графике, изображенном на фиг. 12, наружная резьбовая зона, начиная с расстояния VPEST от концевой поверхности 7, принимает самофиксирующийся профиль, где ширина впадин профиля снова начинает увеличиваться, в то время как ширина зубьев уменьшается с заданным изменением, называемым "степенью клиновидности", что, в частности, например, равно ширине впадин профиля и ширине зубьев до расстояния VPEST от концевой поверхности 7. Затем шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы LFPp на расстоянии VPEST резко уменьшается и принимает значение LFPp, равное исходному значению (т.е. значению до расстояния VPEST) шага резьбы между ударными сторонами профиля наружной резьбы SFPp, и в то же время шаг резьбы между ударными сторонами профиля наружной резьбы SFPp резко увеличивается и принимает значение SFPp, равное исходному значению (т.е. значению до расстояния VPEST) шага резьбы между нагруженными сторонами профиля резьбы LFPp. В указанном третьем варианте внутренняя резьба относится к самофиксирующемуся типу без каких-либо изменений в шаге резьбы между сторонами профиля резьбы по всей её осевой длине. В отношении третьего варианта следует отметить, что контакт между нагруженными сторонами профилей наружной и внутренней резьбы и между ударными сторонами профилей наружной и внутренней резьбы, начиная от расстояния WEST, теряется, но потеря этого контакта происходит на достаточно короткой длине витков резьбы и на уровне несовершенных наружных витков резьбы, что ограничивает неблагоприятные последствия.

Несмотря на то что это ведет к минимальным преимуществам, модификации шага резьбы между представленными выше нагруженными сторонами профилей можно перенести от наружной резьбы к внутренней резьбе, и тогда наружная резьба не будет обладать изменениями в шаге резьбы по всей её осевой длине или модификации также могут осуществляться как на наружной, так и на внутренней резьбах.

С целью ограничения участка, на котором зубья наружной резьбовой зоны 3 больше не входят в радиальное взаимодействие, специалист в данной области должен иметь в виду, что расстояние VPEST не должно уменьшаться слишком сильно. Поэтому приходится следить за тем, чтобы слишком сильно не уменьшить расстояние PDAP. Иными словами, если сохраняется определённая длина самофиксирующихся резьб, которая позволяет гарантировать определённое значение крутящего момента при свинчивании, соотношение CWTpmin/CWTbmax не должно увеличиваться слишком сильно, потому что иначе возникнет необходимость в удлинении участка наружной резьбовой зоны 3, на котором ширина впадин профиля CWRp соответствует значению CWRpthreshold.

В соответствии с предпочтительным компромиссом значение соотношения CWTpmin/CWTbmax должно находиться в интервале 0,3-0,7.

Таким образом, для резьбовой зоны с общей длиной 117 мм предпочтительным является расположение PDAP на расстоянии 50 мм от концевой поверхности 7 для значений CWTpmin и CWTbmax - 2,7 и 5,3 мм соответственно, т.е. со значением соотношения 0,51. Расстояние, на котором профиль наружной резьбовой зоны становится постоянным, находится на расстоянии VPEST, равном 98 мм. Значение крутящего момента при свинчивании поддерживается на уровне 26000 фунтов/фут² (35000 Н·м).

Преимущественно, как показано на фиг. 7, наружные и внутренние витки резьбы (или зубья) имеют профиль "ласточкин хвост", и поэтому после свинчивания они прочно стыкуются друг с другом. Эта дополнительная гарантия позволяет снизить риск выхода из зацепления, что соответствует размыканию наружных и внутренних витков резьбы, когда соединение подвергается большим изгибающим или растягивающим напряжениям. Точнее, геометрия витков резьбы типа "ласточкин хвост" увеличивает радиальную жёсткость их сборки по сравнению с витками резьбы, обычно называемыми "трапецевидными" витками резьбы, в которых осевая ширина уменьшается от основания к вершине профиля витков резьбы.

Преимущественно, как описано на фиг. 7, резьбы 3 и 4 ориентированы по образующей конуса 20 для облегчения хода свинчивания. Обычно указанная образующая конуса образует с осью 10 угол, значение которого составляет 1-5°. Образующая конуса в данном случае определяется как проходящая через центр нагруженных сторон профиля резьбы.

Преимущественно, как описано на фиг. 7, главную роль играет контакт между нагруженными сторонами профилей наружной 30 и внутренней 40 резьбы, а также между ударными сторонами профилей наружной 31 и внутренней 41 резьбы. И наоборот, между вершинами профиля наружной резьбы и впадинами профиля внутренней резьбы может предусматриваться зазор h, а также зазор h может предусматриваться между впадинами профиля наружной резьбы и вершинами профиля внутренней резьбы для об-

легчения хода свинчивания и предотвращения какого-либо риска механического повреждения поверхности.

Преимущественно, как описано на фиг. 7, вершины зубьев и впадины профилей наружных и внутренних резьбовых зон параллельны оси 10 резьбового соединения. Это облегчает механическую обработку.

Преимущественно непроницаемость для текучих сред изнутри трубного соединения и снаружи обеспечивается двумя уплотняющими зонами 5, 6, которые расположены поблизости от концевой поверхности 7 охватываемого элемента.

Уплотняющая зона 5 может содержать куполообразную поверхность, которая направлена радиально наружу и имеет диаметр, который уменьшается в направлении концевой поверхности 7. Значение радиуса этой куполообразной поверхности предпочтительно составляет 30-100 мм. Слишком большой радиус (>150 мм) куполообразной поверхности приводит к трудностям, которые аналогичны трудностям при контакте конических поверхностей. Слишком малый радиус (<30 мм) для такой куполообразной поверхности приводит к недостаточной площади поверхности контакта.

Противостоящий куполообразной поверхности охватывающий конец 2 содержит коническую поверхность, которая направлена радиально внутрь и имеет диаметр, который также уменьшается в направлении концевой поверхности 7 охватываемого элемента. Значение тангенса половинного угла при вершине конической поверхности составляет 0,025-0,075, т.е. значение конусности составляет 5-15%. Слишком малая конусность (<5%) конической поверхности создаёт риск механического повреждения поверхности при свинчивании, а слишком высокая (>15%) создаёт необходимость в жёстких допусках при механической обработке.

Авторы изобретения обнаружили, что указанная зона контакта между конической поверхностью и куполообразной поверхностью позволяет получить эффективную ширину осевого контакта и, в значительной мере параболическое распределение контактных давлений вдоль зоны эффективного контакта в отличие от зон контакта между двумя коническими поверхностями, которые обладают узкими эффективными зонами контакта на концах зоны контакта.

Геометрия зоны контакта согласно изобретению позволяет сохранять хорошую ширину эффективного контакта, несмотря на вариации в осевом позиционировании элементов в сборе, связанные с допусками механической обработки, зону эффективного контакта, вращающуюся вдоль куполообразной части куполообразной поверхности, путём сохранения параболического профиля для локального контактного давления.

Преимущественно рабочие стороны профиля витков резьбы соединяются с вершиной профиля резьбы и с впадиной профиля соседней резьбы посредством закруглений так, чтобы указанные закругления снижали коэффициент концентрации напряжений у основания нагруженных поверхностей профиля резьбы и, таким образом, улучшали усталостное поведение соединения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение, которое включает первый и второй трубные компоненты, каждый из которых оснащается соответствующими охватываемым (1) и охватывающим (2) концами, при этом охватываемый конец (1) включает на наружной периферической поверхности по меньшей мере одну резьбовую зону (3) и заканчивается концевой поверхностью (7), которая ориентирована радиально относительно оси (10) соединения, охватывающий конец (2) включает на внутренней периферической поверхности по меньшей мере одну резьбовую зону (4) и заканчивается концевой поверхностью (8), которая ориентирована радиально относительно оси (10) соединения, наружная резьбовая зона (3) содержит первый участок, на котором ширина зубьев $CWT_{p\min}$ увеличивается от значения $CWT_{p\min}$, соответствующего ширине зуба, ближайшего к концевой поверхности (7) охватываемого конца (1), до значения $CWT_{p\max}$, соответствующего ширине зуба, наиболее удалённого от указанной концевой поверхности (7), в то время как ширина зубьев CWT_b внутренней резьбовой зоны (4) уменьшается от значения $CWT_{b\max}$, соответствующего ширине зуба, наиболее удалённого от концевой поверхности (8) охватывающего конца (2), до значения $CWT_{b\min}$, соответствующего ширине зуба, ближайшего к указанной концевой поверхности (8), так, чтобы резьбовые зоны (3, 4) взаимодействовали в соответствии с самофиксирующимся свинчиванием, отличающееся тем, что

$$\frac{CWT_{p\min}}{CWT_{b\max}} \geq 0,2 \text{ и}$$

$$\frac{CWT_{b\min}}{CWT_{p\max}} = \frac{CWT_{p\min}}{CWT_{b\max}}$$

2. Резьбовое соединение по п.1, отличающееся тем, что соотношения между шириной $CWT_{p\min}$ зуба, ближайшего к концевой поверхности (7) охватываемого конца (1), и шириной $CWT_{b\max}$ зуба, наиболее удалённого от концевой поверхности (8) охватывающего конца (2), составляют 0,3-0,7.

3. Резьбовое соединение по одному из пп.1, 2, отличающееся тем, что наружная резьбовая зона (3)

состоит из первого участка, который расположен на стороне концевой поверхности (7), где ширина впадин профиля резьбы CWRp уменьшается, и второго участка, который расположен на стороне, противоположной концевой поверхности (7), где ширина впадин профиля резьбы CWRp остаётся постоянной и имеет значение, большее или равное пороговому значению CWRpthreshold.

4. Резьбовое соединение по п.3, отличающееся тем, что шаг резьбы между ударными сторонами профиля наружной резьбы SFPr является постоянным на первом участке, а на втором участке принимает значение, равное значению шага резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы LFPp, которое остаётся постоянным на первом и втором участках.

5. Резьбовое соединение по п.3, отличающееся тем, что шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы LFPp является постоянным на первом участке, а на втором участке принимает значение, равное значению шага резьбы между ударными сторонами профиля SFPr, которое остаётся постоянным на первом и втором участках.

6. Резьбовое соединение по одному из пп.1, 2, отличающееся тем, что наружная резьбовая зона (3) состоит из первого участка, расположенного на стороне концевой поверхности (7), на котором ширина впадин профиля CWRp уменьшается до значения CWRpthreshold, и второго участка, расположенного на стороне, противоположной концевой поверхности (7), на котором ширина впадин профиля CWRp увеличивается.

7. Резьбовое соединение по п.6, отличающееся тем, что шаг резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы LFPp является постоянным на первом участке, а на втором участке принимает значение LFPp, равное значению шага резьбы между ударными сторонами профиля резьбы на первом участке SFPr, а также тем, что шаг резьбы между ударными сторонами профиля наружной резьбы SFPr является постоянным на первом участке, а на втором участке принимает значение SFPr, равное значению шага резьбы между нагруженными сторонами профиля наружной резьбы на участке LFPp.

8. Резьбовое соединение по одному из пп.3-7, отличающееся тем, что значение CWRpthreshold составляет 0,7 и более от высоты зуба.

9. Резьбовое соединение по любому из пунктов, отличающееся тем, что наружная и внутренняя резьбовые зоны (3, 4) содержат образующую конуса, которая образует угол с осью (10) соединения, значение которого составляет 1-5°.

10. Резьбовое соединение по любому из пунктов, отличающееся тем, что зубья наружной и внутренней резьбовых зон (3, 4) имеют профиль "ласточкин хвост".

11. Резьбовое соединение по любому из пунктов, отличающееся тем, что вершины зубьев и впадины профиля наружных и внутренних резьбовых зон (3, 4) параллельны оси (10) резьбового соединения.

12. Резьбовое соединение по любому из пунктов, отличающееся тем, что между вершинами зубьев наружной резьбовой зоны (3) и впадинами профиля внутренней резьбовой зоны (4) предусматривается зазор h.

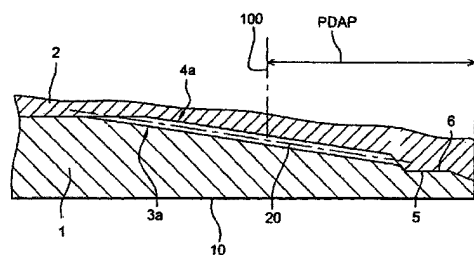
13. Резьбовое соединение по любому из пунктов, отличающееся тем, что охватываемый (1) и охватываемый (2) концы включают соответственно уплотняющие поверхности (5, 6), способные к взаимодействию друг с другом в уплотняющем контакте, когда резьбовые зоны взаимодействуют в ходе самозакрепления.

14. Резьбовое соединение по предыдущему пункту, отличающееся тем, что уплотняющие поверхности (5, 6) состоят соответственно из куполообразной поверхности на одной поверхности и конической поверхности на другой поверхности.

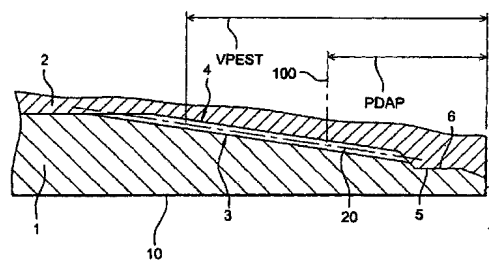
15. Резьбовое соединение по предыдущему пункту, отличающееся тем, что куполообразная поверхность имеет образующую с радиусом кривизны в интервале 30-100 мм.

16. Резьбовое соединение по одному из пп.14, 15, отличающееся тем, что значение тангенса половинного угла при вершине конической поверхности составляет 0,025-0,075.

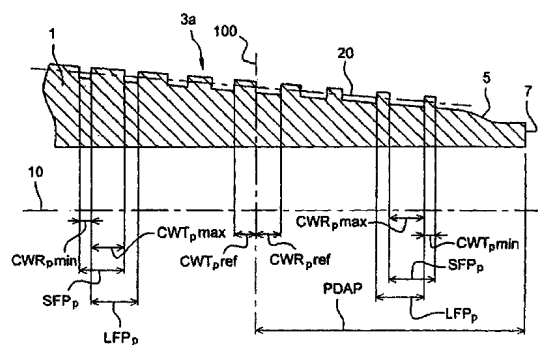
17. Резьбовое соединение по одному из пп.13-16, отличающееся тем, что зона взаимодействия уплотняющих поверхностей (5, 6), находящихся в уплотняющем контакте, располагается между концевой поверхностью (7) охватываемого конца и резьбовыми зонами (3, 4).



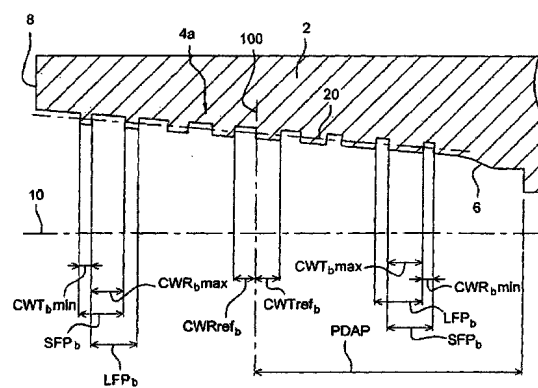
Фиг. 1



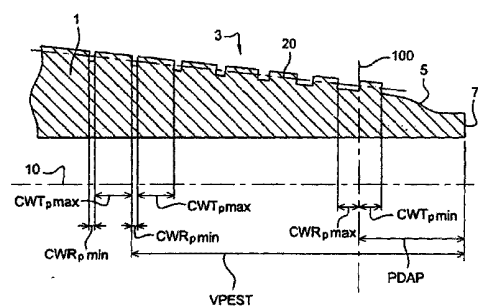
ФИГ. 2



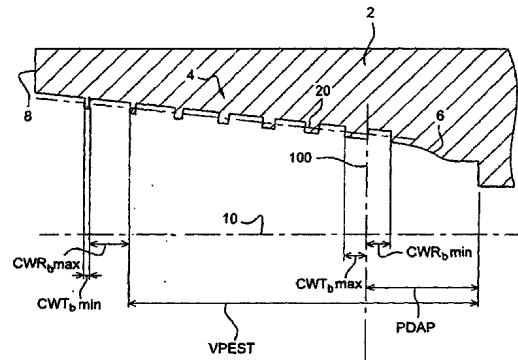
ФИГ. 3



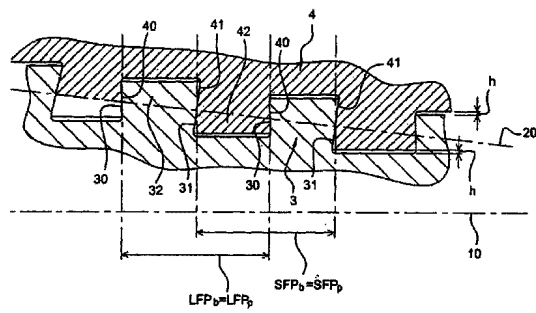
ФИГ. 4



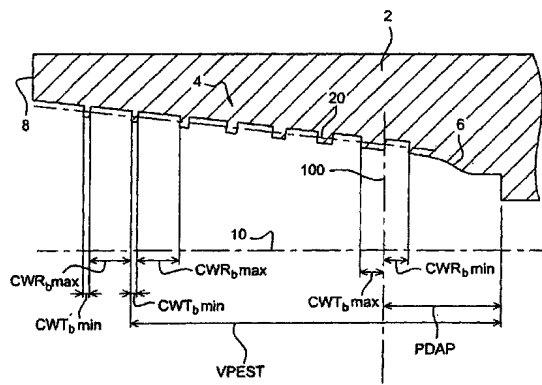
ФИГ. 5



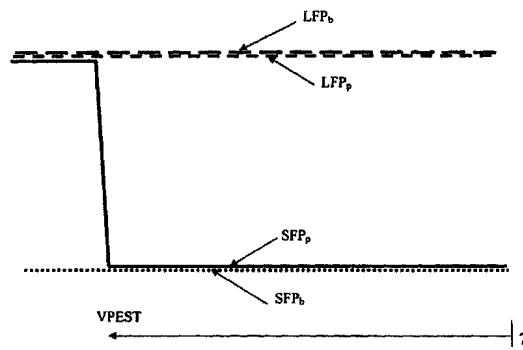
Фиг. 6



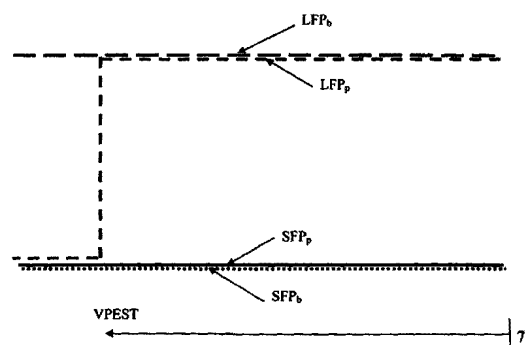
Фиг. 7



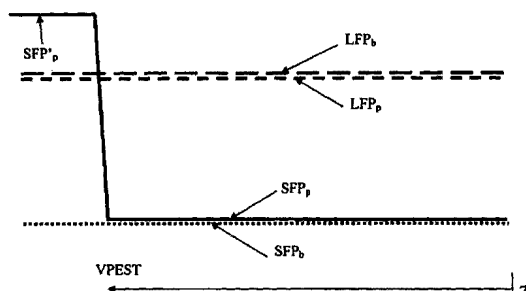
Фиг. 8



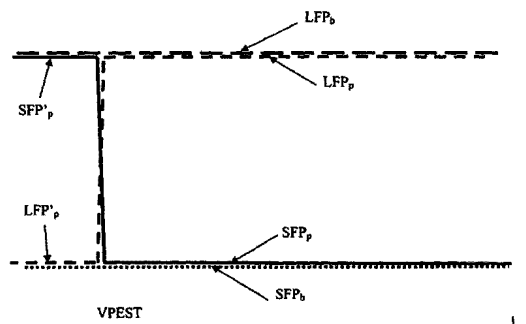
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

