

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **045905**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.01.17**

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

(21) Номер заявки  
**202390162**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.06.29**

---

(54) **РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ**

---

(43) **2023.02.17**

(86) **РСТ/RU2020/000315**

(87) **WO 2022/005320 2022.01.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ  
ОБЩЕСТВО "ТРУБНАЯ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ  
КОМПАНИЯ" (ПАО "ТМК") (RU)**

(56) US-A1-2015191980  
WO-A2-2014187873  
WO-A2-2014092605  
US-A-5462315  
RU-C1-2639343  
US-A1-2019368639  
EA-A1-201401342

(72) Изобретатель:  
**Рекин Сергей Александрович,  
Мыслевцев Алексей Сергеевич,  
Сидоренко Павел Николаевич,  
Пономаренко Павел Константинович  
(RU)**

(74) Представитель:  
**Левина Е.Б. (RU)**

(57) В изобретении резьбовое соединение насосно-компрессорных труб содержит охватываемый и охватывающий элементы, на концах которых на наружной и внутренней поверхностях, соответственно, выполнены трапециевидные конические резьбы и образующие внутренний герметизирующий узел уплотнительные, дополнительные и упорные торцевые поверхности. Резьбы выполнены с конусностью 1:16, угол наклона опорной грани профиля витка к нормали осевой линии резьбы составляет от -1 до +1°, угол наклона закладной грани профиля витка к нормали осевой линии резьбы составляет 14-16°, вершины профиля витка параллельны осевой линии резьбы, впадины профиля витка выполнены с конусностью 1:16. Внутренний герметизирующий узел образован уплотнительными поверхностями, выполненными с углом наклона 17-19° к осевой линии резьбы, и упорными торцевыми поверхностями, выполненными под углом 14-16° к нормали осевой линии резьбы. Между уплотнительными поверхностями и упорными торцевыми поверхностями выполнены дополнительные поверхности. Сочленение уплотнительных поверхностей с дополнительными поверхностями выполнено в виде вогнутой сферической поверхности на охватываемом элементе и выпуклой сферической поверхности на охватывающем элементе. Достигается герметичность соединения при воздействии высоких механических нагрузок, обеспечиваемая за счет улучшенных характеристик свинчиваемости соединения, отсутствия повреждений поверхностей.

**045905 B1**

**045905 B1**

Изобретение относится к резьбовым соединениям насосно-компрессорных труб и может быть использовано для соединения элементов колонн насосно-компрессорных труб, применяемых при строительстве и эксплуатации вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин на нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях.

Насосно-компрессорные трубы, используемые на нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях, эксплуатируются в сложных условиях, при значительных механических нагрузках. При этом основными требованиями к насосно-компрессорным трубам являются сохранение герметичности при высоких разнонаправленных механических нагрузках и износостойкость.

Кроме того, в связи со сборкой резьбовых соединений насосно-компрессорных труб в "полевых" условиях необходимым их свойством являются высокие характеристики свинчиваемости - быстрота и легкость сборки и разборки соединения, надежная центровка, стабилизация элементов соединения друг относительно друга, выдерживание многократных свинчиваний-развинчиваний без повреждений (задилов) контактирующих поверхностей резьбы, уплотнительных и упорных торцевых поверхностей.

Известно резьбовое соединение насосно-компрессорных труб (патент RU № 182758, E21B 17/042, F16L15/00, опубл. 30.08.2018), принятое в качестве прототипа, содержащее охватываемый и охватывающий элементы, на концах которых выполнены, соответственно, внешняя и внутренняя резьбы с конусностью 1:16, шагом 3,175 или 4,233 мм, с опорной гранью, выполненной под углом 1-5° к нормали осевой линии резьбы, и закладной гранью, выполненной под углом 8-12° к нормали осевой линии резьбы.

Внутренний герметизирующий узел образован уплотнительными поверхностями, выполненными под углом 55-65° к нормали осевой линии резьбы, и упорными торцевыми поверхностями, выполненными под углом 10-20° к нормали осевой линии резьбы.

Однако резьбовое соединение насосно-компрессорных труб не обладает необходимыми характеристиками свинчиваемости, позволяющими соединению выдерживать многократные свинчивания-развинчивания без повреждений (образования задиров) контактирующих поверхностей резьбы, уплотнительных и упорных торцевых поверхностей. Заклинивание соединения на начальном этапе свинчивания и повреждение (образование задиров) поверхностей резьбы, уплотнительных и упорных торцевых поверхностей соединения при его эксплуатации ведет, под воздействием механических нагрузок высокого уровня, к потере герметичности соединения.

Технический результат, обеспечиваемый заявляемым изобретением, заключается в высокой степени герметичности соединения при воздействии комбинированных разнонаправленных механических нагрузок за счет улучшенных характеристик свинчиваемости соединения - обеспечения на начальном этапе свинчивания надежной центровки охватываемого элемента относительно охватываемого и предотвращения заклинивания соединения, отсутствия повреждений поверхностей соединения при многократных свинчиваниях-развинчиваниях.

Указанный технический результат достигается за счет того, что в резьбовом соединении насосно-компрессорных труб, содержащем охватываемый и охватывающий элементы, на концах которых на наружной и внутренней поверхностях, соответственно, выполнены трапециевидные конические резьбы и образующие внутренний герметизирующий узел уплотнительные и упорные торцевые поверхности.

Резьбы охватываемого и охватывающего элементов выполнены с конусностью 1:16, углом наклона опорной грани профиля витка от -1 до +1° к нормали осевой линии резьбы и углом наклона закладной грани профиля витка 14-16° к нормали осевой линии резьбы, вершинами профиля витка параллельными осевой линии резьбы и впадинами профиля витка, выполненными с конусностью 1:16.

Внутренний герметизирующий узел образован уплотнительными поверхностями, выполненными на охватываемом и охватывающем элементе с углом наклона 17-19° к осевой линии резьбы, и упорными торцевыми поверхностями охватываемого и охватывающего элементов, выполненными под углом 14-16° к нормали осевой линии резьбы.

При этом внутренний герметизирующий узел снабжен дополнительными поверхностями, выполненными между уплотнительными поверхностями и упорными торцевыми поверхностями на охватываемом и охватывающем элементах, причем сочленение уплотнительных поверхностей с дополнительными поверхностями выполнено в виде вогнутой сферической поверхности на охватываемом элементе и выпуклой сферической поверхности на охватывающем элементе.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения трапециевидные конические резьбы охватываемого и охватывающего элементов выполнены с шагом 3,175 мм.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения трапециевидные конические резьбы охватываемого и охватывающего элементов выполнены с шагом 4,233 мм.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения опорная грань профиля витка резьбы охватываемого элемента снабжена дополнительным участком, примыкающим к впадине и выполненным под углом 4-6° к нормали осевой линии резьбы.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения вогнутая сферическая поверхность, соединяющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватываемого элемента, выполнена радиусом 7-9 мм.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения выпуклая сферическая поверхность, соеди-

няющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватываемого элемента, выполнена радиусом 4-6 мм.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения дополнительные поверхности на охватываемом и охватывающем элементах выполнены цилиндрическими.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения дополнительные поверхности на охватываемом и охватывающем элементах выполнены с конусностью 1:10.

В частном случае выполнения заявляемого изобретения дополнительная поверхность на охватываемом элементе выполнена с конусностью 1:10, а дополнительная поверхность на охватывающем элементе выполнена цилиндрической.

#### **Краткое описание чертежей**

Изобретение поясняется чертежами, на фиг. 1 показано резьбовое соединение насосно-компрессорных труб в собранном состоянии, на фиг. 2 показан вид А на фиг. 1 - профиль витка резьбы соединения, на фиг. 3 показан вид Б на фиг. 1 - внутренний герметизирующий узел.

Резьбовое соединение насосно-компрессорных труб содержит охватываемый (1) и охватывающий (2) элементы, на концах которых на наружной и внутренней поверхностях, соответственно, выполнены трапециевидные конические резьбы (3).

Резьбы (3), выполненные на наружной поверхности охватываемого элемента (1) и на внутренней поверхности охватывающего элемента (2), имеют конусность 1:16. Выполнение резьб (3) с конусностью 1:16 обеспечивает оптимальное сочетание высокой степени зацепления резьб охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов друг с другом при свинчивании соединения, возможность восприятия соединением изгибающих и растягивающих нагрузок, действующих во время эксплуатации соединения, и сохранения высоких характеристики свинчиваемости соединения, предотвращение заклинивания резьбы.

Профиль витка резьб (3) представляет собой неравностороннюю трапецию, боковые стороны которой выполнены в виде опорной (4) и закладной (5) граней, имеющих различные углы наклона к нормали осевой линии резьбы.

Профиль витка резьб (3) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов выполнен с углом наклона опорной грани (4) от  $-1$  до  $+1^\circ$  к нормали осевой линии резьбы и углом наклона закладной грани (5)  $14-16^\circ$  к нормали осевой линии резьбы.

Под нормалью осевой линии резьбы понимается перпендикуляр, проведенный к осевой линии резьбы.

Выполнение угла наклона опорной грани (4) профиля витка резьб (3) от  $-1$  до  $+1^\circ$  к нормали осевой линии резьбы обеспечивает исключение возможности выхода витков резьб (3) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов из зацепления друг с другом при значительных растягивающих и изгибающих нагрузках (потеря герметичности), воздействующих на соединение под действием собственного веса колонны, опускаемой в скважину.

Выполнение в частном случае заявляемого изобретения опорной грани (4) профиля витка резьбы (3) охватываемого элемента (1) с дополнительным участком, примыкающим к впадине (7) и выполненным под углом  $4-6^\circ$  к нормали осевой линии резьбы, исключает контакт опорных граней (4) профиля витка резьб (3) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов в зоне примыкания к впадине (7), что исключает повреждение поверхностей опорных граней (4) в данной зоне (образование задиров) и является дополнительным фактором, обеспечивающим возможность многократного свинчивания-развинчивания соединения без повреждений поверхностей.

Высота указанного дополнительного участка опорной грани (4) профиля витка резьбы (3) охватываемого элемента (1) может достигать 30-40% от высоты профиля витка резьбы (3).

Выполнение угла наклона закладной грани (5) профиля витка резьб (3) к нормали осевой линии резьбы, равным  $14-16^\circ$ , стабилизирует положение охватываемого элемента (1) относительно охватывающего элемента (2) на начальном этапе свинчивания соединения, что предотвращает заклинивание соединения, повреждение поверхностей витков резьб (3), образование задиров и обеспечивает возможность многократного свинчивания-развинчивания соединения при сохранении свойств герметичности.

Кроме того, по закладным граням (5) профиля витка резьб (3) соединения в свинченном состоянии образуется конструктивный зазор, что обеспечивает возможность многократного свинчивания-развинчивания без повреждения (образования задиров) по закладным граням (5) профиля витка резьб (3).

Вершины (6) профиля витка резьб (3) выполнены параллельными осевой линии резьбы, что исключает заедание, заклинивание резьбы на начальном этапе свинчивания, обеспечивает глубокий свободный заход охватываемого элемента (1) в охватывающий элемент (2) при свинчивании, отсутствие задиров по вершинам (6) профиля витка резьб (3).

При этом впадины (7) профиля витка резьб (3) выполнены с конусностью 1:16, как и конусность резьб (3), что уменьшает потери толщины стенки охватываемого элемента (1) при нанесении на него резьбы (3) и обеспечивает общее увеличение прочности охватываемого элемента (1).

Резьбовое соединение выполнено с внутренним герметизирующим узлом, образованным контактирующими между собой уплотнительными поверхностями (8), (9) и упорными торцевыми поверхностями (10), (11), выполненными на охватываемом (1) и охватывающем (2) элементах соединения.

Уплотнительные поверхности (8), (9) соединения в свинченном состоянии контактируют между собой со значительными контактными напряжениями, с возникновением деформации в упругой области и образованием уплотнения типа "металл-металл", обеспечивают высокую герметичность соединения, в том числе газовую, при воздействии на него разнонаправленных комбинированных механических нагрузок в любых сочетаниях.

Уплотнительные поверхности (8), (9) выполнены с углом наклона 17-19° к осевой линии резьбы.

Указанный угол наклона уплотнительных поверхностей (8), (9) обеспечивает оптимальную площадь их контакта и высокий уровень напряжений контактирующих уплотнительных поверхностей (8), (9), обеспечивающий герметичность соединения при всех сочетаниях нагрузок во всем диапазоне полей допусков.

Контакт уплотнительных поверхностей (8), (9), расположенных под указанным углом наклона, происходит с натягом на сравнительно небольшой площади, при этом возникают значительные контактные напряжения, обеспечивая высокую герметичность. Кроме того, при повторной сборке соединения не происходят повреждения уплотнительных поверхностей (8), (9) за счет быстрого достижения величины радиального натяга в процессе сборки.

Упорные торцевые поверхности (10), (11) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов выполнены под углом 14-16° к нормали осевой линии резьбы, что обеспечивает "поджатие" и фиксацию уплотнительных поверхностей (8), (9) соединения, создает его устойчивость к сжимающим нагрузкам, обеспечивает дополнительный уплотнительный барьер. Кроме того, обеспечивается четкое позиционирование охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов относительно друг друга, точное фиксирование заданной величины натяга и крутящего момента в процессе свинчивания соединения - то есть улучшенные характеристики свинчиваемости, возможность контроля свинчивания соединения. Увеличенная площадь контакта упорных торцевых поверхностей (10), (11) друг с другом за счет угла наклона (14-16°) позволяет при свинчивании соединения увеличить крутящий момент свинчивания при сохранении контактных напряжений на необходимом уровне в пределах упругой деформации, то есть обеспечить отсутствие повреждения (задиры) упорных торцевых поверхностей (10), (11).

Между уплотнительными поверхностями (8), (9) и упорными торцевыми поверхностями (10), (11) на охватываемом и охватывающем элементах выполнены не контактирующие между собой дополнительные поверхности (12), (13), образующие зазор. Дополнительные поверхности (12), (13) могут быть выполнены как цилиндрическими, так и коническими с конусностью, например, 1:10.

Выполнение уплотнительных поверхностей (8), (9) на расстоянии от упорных торцевых поверхностей (10), (11), то есть удаление зоны контакта уплотнительных поверхностей (8), (9) от зоны контакта упорных торцевых поверхностей (10), (11), обеспечивает снижение зависимости друг от друга работы уплотнительных и упорных торцевых поверхностей на уплотнение и, соответственно, обеспечивает максимальную герметичность соединения при любых сочетаниях нагрузок, в том числе газогерметичность.

Сочленение уплотнительных поверхностей (8), (9) с дополнительными поверхностями (12), (13) выполнено в виде вогнутой сферической поверхности (14) на охватываемом элементе (1) и выпуклой сферической поверхности (15) на охватывающем элементе (2).

В процессе свинчивания резьбового соединения, после взаимодействия резьб (3) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов, происходит продвижение уплотнительных поверхностей (8), (9) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов друг относительно друга, которое начинается с взаимодействия вогнутой сферической поверхности (14) на охватываемом элементе (1) и выпуклой сферической поверхности (15) на охватывающем элементе (2), что облегчает прохождение уплотнительных поверхностей (8), (9) друг относительно друга в первые моменты контакта, обеспечивает сохранность уплотнительных поверхностей (8), (9), их защиту от повреждений (образования задиры) при свинчивании соединения.

Кроме того, выпуклая сферическая поверхность (15) на охватывающем элементе (2) увеличивает площадь контакта уплотнительных поверхностей (8), (9) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов, что положительно влияет на герметичность соединения.

Заявляемое резьбовое соединение насосно-компрессорных труб работает следующим образом.

При проведении операции свинчивания соединения, после центровки охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов друг относительно друга, первоначально осуществляется взаимодействие охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов за счет конических трапецеидальных резьб (3), выполненных на наружной поверхности охватываемого (1) элемента и внутренней поверхности охватывающего (2) элемента.

Далее в контакт вступают сферические поверхности (14), (15) и уплотнительные поверхности (8), (9) охватываемого (1) и охватывающего (2) элементов, за счет пластической деформации которых создается уплотнение типа "металл-металл".

Окончание процесса свинчивания соединения осуществляется при силовом контактировании упорных торцевых поверхностей (10), (11), выполненных на охватываемом (1) и охватывающем (2) элементах, в результате чего на упорных торцевых поверхностях (10), (11) также возникают контактные напряжения, величина которых находится в области упругих деформаций.

### Пример осуществления изобретения

Для проведения испытаний заявляемого резьбового соединения насосно-компрессорных труб были изготовлены два образца. Для образца № 1 в качестве заготовки использована насосно-компрессорная труба номинальным диаметром 73 мм. На внешнюю поверхность охватываемого элемента и внутреннюю поверхность охватывающего элемента этого образца нанесены трапециевидные конические резьбы с конусностью 1:16, шагом 3,175 мм, углом наклона закладной грани профиля витка  $14^\circ$  и углом наклона опорной грани профиля витка  $-1^\circ$  к нормали осевой линии резьбы. Вершины профиля витка параллельны осевой линии резьбы, а впадины профиля витка выполнены с конусностью 1:16.

Сформированы элементы внутреннего герметизирующего узла: уплотнительные поверхности охватываемого и охватывающего элементов выполнены с углом наклона  $17^\circ$  к осевой линии резьбы, дополнительные поверхности выполнены цилиндрическими, вогнутая сферическая поверхность, соединяющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватываемого элемента, выполнена радиусом 7 мм, а выпуклая сферическая поверхность, соединяющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватывающего элемента, выполнена радиусом 4 мм.

Для образца № 2 в качестве заготовки использована насосно-компрессорная труба номинальным диаметром 114 мм. На внешнюю поверхность охватываемого элемента и внутреннюю поверхность охватывающего элемента этого образца нанесены трапециевидные конические резьбы с конусностью 1:16, шагом 4,233 мм, углом наклона закладной грани профиля витка  $16^\circ$  и углом наклона опорной грани профиля витка  $1^\circ$  к нормали осевой линии резьбы. Вершины профиля витка параллельны осевой линии резьбы, а впадины профиля витка выполнены с конусностью 1:16.

Сформированы элементы внутреннего герметизирующего узла: уплотнительные поверхности охватываемого и охватывающего элементов выполнены с углом наклона  $19^\circ$  к осевой линии резьбы, дополнительные поверхности выполнены с конусностью 1:10, вогнутая сферическая поверхность, соединяющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватываемого элемента, выполнена радиусом 9 мм, а выпуклая сферическая поверхность, соединяющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватывающего элемента, выполнена радиусом 6 мм.

Кроме того, был изготовлен образец № 3, имеющий геометрические параметры прототипа, в качестве заготовки для которого использована насосно-компрессорная труба номинальным диаметром 114 мм. На внешнюю поверхность охватываемого элемента и внутреннюю поверхность охватывающего элемента образца № 3 нанесены трапециевидные конические резьбы с конусностью 1:16, шагом 3,175 мм, углом наклона закладной грани профиля витка  $10^\circ$  и углом наклона опорной грани профиля витка  $3^\circ$  к нормали осевой линии резьбы.

Сформированы элементы внутреннего герметизирующего узла: уплотнительные поверхности выполнены под углом  $30^\circ$  к осевой линии резьбы, упорные торцевые поверхности выполнены под углом  $15^\circ$  к нормали осевой линии резьбы.

Испытания образцов проводили на количество выдерживаемых резьбовым соединением свинчиваний-развинчиваний до появления повреждений поверхностей резьбы и внутреннего узла уплотнения.

Испытания образцов показали наличие повреждений (образование задиров) поверхностей при пятикратном свинчивании-развинчивании образца № 3, выполненного по прототипу, и отсутствие заклинивания соединения и повреждений (задиров) поверхностей при девятикратном свинчивании-развинчивании образцов №№ 1, 2, выполненных в соответствии с заявляемым изобретением.

При использовании предлагаемого резьбового соединения насосно-компрессорных труб обеспечивается сохранение герметичности соединения при увеличении на 20% величины комбинированных разнонаправленных механических нагрузок.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резьбовое соединение насосно-компрессорных труб, содержащее охватываемый и охватывающий элементы, на концах которых на наружной и внутренней поверхностях, соответственно, выполнены трапециевидные резьбы с конусностью 1:16 и образующие внутренний герметизирующий узел уплотнительные поверхности и выполненные под углом  $14-16^\circ$  к нормали осевой линии резьбы упорные торцевые поверхности, отличающееся тем, что резьбы охватываемого и охватывающего элементов выполнены с углом наклона опорной грани профиля витка от  $-1$  до  $+1^\circ$  к нормали осевой линии резьбы и углом наклона закладной грани профиля витка  $14-16^\circ$  к нормали осевой линии резьбы, вершинами профиля витка параллельными осевой линии резьбы и впадинами профиля витка, выполненными с конусностью 1:16, уплотнительные поверхности выполнены на охватываемом и охватывающем элементе с углом наклона  $17-19^\circ$  к осевой линии резьбы, при этом внутренний герметизирующий узел снабжен дополнительными поверхностями, выполненными между уплотнительными поверхностями и упорными торцевыми поверхностями на охватываемом и охватывающем элементах, причем сочленение уплотнительных поверхностей с дополнительными поверхностями выполнено в виде вогнутой сферической поверхности на охватываемом элементе и выпуклой сферической поверхности на охватывающем элементе.

2. Соединение по п.1, отличающееся тем, что трапециевидные конические резьбы охватываемого и охватывающего элементов выполнены с шагом 3,175 мм.

3. Соединение по п.1, отличающееся тем, что трапецеидальные конические резьбы охватываемого и охватывающего элементов выполнены с шагом 4,233 мм.

4. Соединение по п.1, отличающееся тем, что опорная грань профиля витка резьбы охватываемого элемента снабжена дополнительным участком, примыкающим к впадине и выполненным под углом 4-6° к нормали осевой линии резьбы.

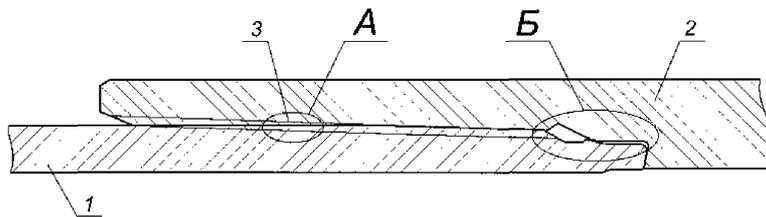
5. Соединение по п.1, отличающееся тем, что вогнутая сферическая поверхность, соединяющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватываемого элемента, выполнена радиусом 7-9 мм.

6. Соединение по п.1, отличающееся тем, что выпуклая сферическая поверхность, соединяющая уплотнительную и дополнительную поверхности охватывающего элемента, выполнена радиусом 4-6 мм.

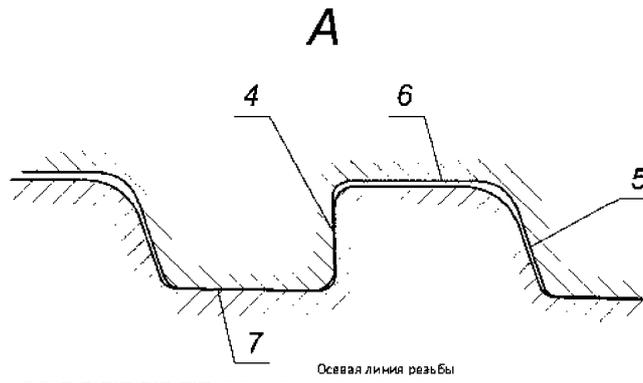
7. Соединение по п.1, отличающееся тем, что дополнительные поверхности на охватываемом и охватывающем элементах выполнены цилиндрическими.

8. Соединение по п.1, отличающееся тем, что дополнительные поверхности на охватываемом и охватывающем элементах выполнены с конусностью 1:10.

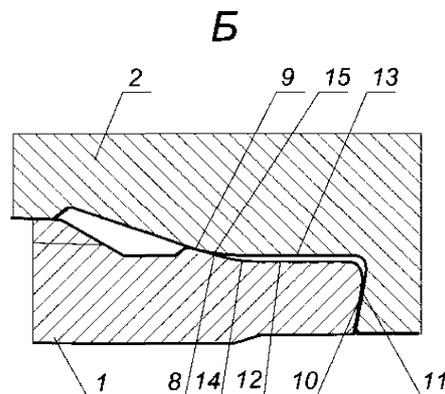
9. Соединение по п.1, отличающееся тем, что дополнительная поверхность на охватываемом элементе выполнена с конусностью 1:10, а дополнительная поверхность на охватывающем элементе выполнена цилиндрической.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

