

Изобретение касается резьбового соединения двух металлических труб.

Известно применение такого соединения в колоннах труб для крепления шахтного ствола или для производства, или в колоннах буровых штанг для углеводородных скважин.

Ниже в тексте настоящего документа термин "резьбовое соединение двух металлических труб" охватывает как соединение, называемое цельным, двух труб большой длины, так и соединение первой трубы большой длины и второй трубы малой длины, такой, например, как муфта.

Так, Американский нефтяной институт (API) в своей спецификации API 5CT дает определение металлическим трубам и резьбовому соединению металлических труб в целях эксплуатации и крепления шахтного ствола углеводородных скважин, и в своей спецификации API 5B дает определение стандартному устройству конической резьбы для таких соединений, а также стандартным формам резьбы: треугольной, "круглой" или трапецеидальной.

В соответствии с API 5B, треугольные или круглые выступы резьбы на каждом внешнем и внутреннем элементе имеют две боковые поверхности, одну несущую поверхность, одну поверхность сцепления, каждая под углом 30° с каждой стороны плоскости, нормальной к оси соединения.

Благодаря конической форме резьб, после завинчивания каждая из двух боковых поверхностей находится в контакте и под давлением на контакте металл-металл с сопряженной к ней поверхностью, и между вершиной выступа резьбы и сопряженной с ней впадиной имеется зазор, причем вершины и впадины очень сильно закруглены в том случае, если выступы имеют круглую форму.

В соответствии с API 5B, трапецеидальные выступы на каждом внешнем и внутреннем элементе имеют две боковые поверхности, одну несущую поверхность и одну поверхность сцепления, все под небольшим наклоном к плоскости, нормальной к оси соединения, впадину и вершину выступа резьбы, параллельные конусу резьбы, причем внутренние выступы имеют форму, идеально сопрягаемую с формой внешних выступов.

По окончании завинчивания резьбового соединения такого типа, в котором выступы имеют трапецеидальную форму, в соответствии с API 5B, в связи с конической формой резьб, вершина выступа, по меньшей мере, одного из внешних или внутренних элементов находится в контакте и под давлением на контакте металл-металл с впадиной резьбы сопряженного элемента; кроме того, несущие поверхности также находятся в контакте, тогда как между поверхностями сцепления имеется зазор, по меньшей мере, в наиболее распространенном случае, когда, например, элементы резьбового соединения

воспринимают растягивающую нагрузку веса колонны, например, в результате реакции упоров при опирании.

Такие соединения с осевым зазором называют соединениями с "противодействующими выступами", т.к. между сопряженными поверхностями резьбы возникает взаимное противодействие, которое выражается в давлении на контакте металл-металл между данными поверхностями и в повышении момента завинчивания, которое связано с трением, подлежащим устранению. Интенсивность радиального противодействия выражается величиной диаметрального противодействия.

Известно, что "диаметральным противодействием" называют разницу в диаметре между точкой внешнего элемента и соответствующей ей точкой внутреннего элемента, когда элементы не соединены; положительное значение диаметрального противодействия означает наличие контактного давления на участках, находящихся в контакте, нулевое значение диаметрального противодействия означает простой контакт без давления и отрицательное значение диаметрального противодействия - радиальный зазор.

В других типах соединений, как, например, описано в Европейском патенте № 0454147, резьба выполнена так, чтобы по окончании завинчивания обе боковые поверхности просто приходят в контакт с зазором между сопряженными впадинами и вершинами выступов.

Такие соединения, называемые далее в настоящем описании соединениями "с трапецеидальными выступами", работают как на осевое сжатие, так и на осевое растяжение или на изгиб.

В других соединениях, как описано в патентах США №№ 2211179, 4161332, 4537428, используется двухзаходная цилиндрическая трапецеидальная резьба. Резьбы такого типа обычно не имеют радиального противодействия, т.к. контакт возникает только между поверхностями, в частности между несущими поверхностями, когда соединение воспринимает растягивающее усилие в осевом направлении.

В патенте США RE 30647 описывается вариант резьбового соединения с использованием цилиндрической двухзаходной резьбы с трапецеидальными выступами, называемыми "клиновидными выступами", причем ширина внешнего выступа и внутреннего выступа координированно изменяется вдоль каждой винтовой линии резьбы, так что по мере ввинчивания внешнего элемента во внутренний элемент осевые зазоры между внешними и внутренними поверхностями, существующие при сцеплении, уменьшаются до полного исчезновения.

В последующем описании под клиновидным выступом или выступом с изменяющейся шириной будет подразумеваться выступ, имеющий описанные характеристики.

В патенте США RE 34467 описывается применение резьбы с изменяющейся шириной выступа к резьбовому соединению с использованием конической противодействующей резьбы с тем, чтобы избежать избыточного давления смазки между впадинами и вершинами выступов, которое может привести к погрешности при измерении момента завинчивания при стяжке соединений, типа описанных в патенте США RE 30647.

В публикации международной заявки на патент WO 94/29627 описывается применение выступов с изменяющейся шириной в соединении с использованием конической резьбы с тем, чтобы завинчивание резьбового соединения происходило с очень высоким моментом. Как описано в этой публикации, завинчивание резьбы с клиновидными выступами продолжают после того, как боковые внешние поверхности придут в контакт с боковыми внутренними поверхностями резьбы, причем общая поверхность выступов позволяет применить очень высокий момент завинчивания без риска пластификации.

В большей части резьбовых соединений, в частности с применением конической резьбы, момент завинчивания возрастает постепенно в процессе завинчивания и/или резко в определенный момент, но всегда его значение должно оставаться ниже того, при котором происходит пластификация металла, поскольку последняя вызывает постоянную деформацию металла и опасность заклинивания на пластифицированных участках после многократных завинчиваний-отвинчиваний.

Если кривая момент завинчивания-число оборотов идет вверх, максимально допустимый момент завинчивания достигается после слабого завинчивания одного элемента относительно другого: так происходит, например, в резьбовых соединениях с высоким противодействием или после возникновения контакта между боковыми поверхностями в резьбовых соединениях с трапециевидными выступами без осевого зазора или с изменяющейся шириной выступа.

Поскольку допустимые отклонения при изготовлении приводят к изменению кривой момента при ввинчивании внешней резьбы во внутреннюю, невозможно в данных условиях предусмотреть относительное конечное положение элементов соединения для максимально допустимого значения момента завинчивания.

Эти недостатки усиливаются, когда каждый внешний и внутренний элемент имеет, кроме того, герметизирующую поверхность металл-металл и общий упор, как описано в Европейском патенте № 0454147, т.к. в этом случае необходимо синхронизировать движение резьбы, герметизирующей поверхности и упора при окончании завинчивания во всех случаях ввинчивания внешнего элемента во внутренний.

Цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы осуществить соединение двух ме-

таллических труб с помощью конической, цилиндрической и цилиндрической резьбы, имеющих различные формы выступов и зазоров в соединениях, с устранением описанных выше недостатков.

Далее в настоящем изобретении термин "резьба" будет означать совокупность резьбовых частей одного элемента. Так, резьба может состоять из одной резьбовой части или из нескольких резьбовых частей, например, из цилиндрических частей на двух винтовых линиях или из одной конической и второй цилиндрической части типа описанных в патенте США № 5437429, причем в последнем случае резьба называется цилиндрической.

Согласно изобретению, резьбовое соединение двух металлических труб, состоящее из внешнего элемента на торце первой трубы и внутреннего элемента на торце второй трубы, причем внешний элемент имеет внешнюю охватываемую резьбу, а внутренний элемент имеет внутреннюю охватывающую резьбу, каждая из боковых поверхностей выступа которой параллельна соответствующей поверхности внешнего элемента, и внешняя резьба ввинчивается во внутреннюю резьбу таково, что, по меньшей мере, одна внешняя или внутренняя резьба имеет паз в выступе резьбы, выходящий или на поверхность сцепления, или на вершину выступа, или на стык между поверхностью сцепления и вершиной выступа.

Тот факт, что каждая из боковых поверхностей выступа внутренней резьбы параллельна соответствующей боковой поверхности внешней резьбы, обеспечивает соединение элементов с устранением неравномерности контакта при прилегании сопряженных поверхностей.

Под пазом подразумевают выемку, состоящую из двух стенок паза и дна паза, длина которого по развертке резьбы больше его ширины и глубины, размеры которых измеряются в плоскости разреза, проходящего по оси труб.

Профиль паза соответствует пересечению паза данной плоскостью разреза, и ширина паза измеряется по этому профилю на заданной глубине.

До настоящего времени выступы резьбы рассматривали как цельный элемент и стремились их укрепить. Поэтому неожиданным оказалось то, что их можно рассматривать как структуру, жесткость которой можно изменить путем выполнения в ней паза.

В настоящем изобретении паз служит для уменьшения сил, возникающих при контакте между внешней и внутренней резьбами, и следовательно уменьшения момента завинчивания, который пропорционален данным контактным силам.

С этой целью паз может быть расположен в резьбе так, чтобы или увеличить податливость части выступа, воспринимающего давление при контакте с прилегающей к ней частью, или

уменьшить контактные поверхности, или воздействовать на обе данные характеристики одновременно.

Примеры расположения паза, выполняющего указанные функции в резьбовых соединениях, согласно изобретению, будут приведены ниже для различных типов резьбы и для различных форм выступов.

Известны описанные в патенте США № 3882917 и патенте Франции № 2408061 резьбовые соединения, в одном из выступов которых имеется паз, выходящий на вершину выступа, но такие пазы тесно связаны со структурой поверхностей выступов, создавая самоблокирующееся соединение, т.е. препятствующее самоотвинчиванию.

В патенте США № 3882917 одна из поверхностей выступа резьбы имеет нервюру в виде утолщения с тремя сторонами, одна из которых опирается на соответствующую поверхность сопряженного выступа, а две другие стороны образуют паз, который служит для придания нервюре прочности при изгибе.

Патент Франции № 2408061 описывает трапециевидные выступы, причем угол наклона боковых поверхностей, имеющих паз, отличается от угла наклона поверхностей без паза, и этот угол таков, что ширина паза на выходе уменьшается при завинчивании под действием изгибающей нагрузки в результате отклонений в направлении боковых поверхностей сопряженных выступов.

Ни в одном из указанных документов не раскрывается функция паза в резьбовом соединении, согласно изобретению, и ни один из них не касается внутренних выступов, каждая боковая поверхность которых параллельна соответствующей боковой поверхности внешних выступов.

Согласно изобретению, паз может быть выполнен в конической, цилиндрической или цилиндроконической резьбах, одно- или многозаходных, с противодействующими выступами или с выступами без осевого зазора, с постоянной шириной или с шириной, изменяющейся по развертке резьбы.

Паз может быть выполнен в треугольных, круглых или трапециевидных выступах, причем под "трапециевидными выступами" далее в настоящем документе подразумеваются выступы с отрицательным значением угла несущей поверхности, типа описанных в Европейском патенте № 0454147, или с положительным значением угла несущей поверхности, а также выступы в виде ласточкина хвоста, типа описанных в патенте США RE 30647 или в виде половины ласточкина хвоста, как описано в публикации WO 94/29627.

Паз может быть выполнен во всей или в части внешней или внутренней резьбы и в обеих одновременно.

Он также может быть выполнен попеременно в части внешней резьбы и в части внутренней резьбы.

Он также может быть выполнен непрерывным или прерывистым во внешней резьбе или во внутренней резьбе.

В случае, если резьба имеет уменьшающиеся выступы, паз может быть выполнен только в выступах, называемых полными, т.е. высота которых является полной, или также в неполных выступах.

Профиль паза может быть разным, например полукруглым, U-образным с параллельными или непараллельными сторонами, V-образным с симметричными или несимметричными сторонами, или в виде комбинации этих форм, в частности U-образным или V-образным, с дном, имеющим заданный радиус закругления, или еще более сложной и несимметричной формы.

Предпочтительно, паз имеет постоянный профиль по всей своей длине.

Если паз выходит на вершину выступа, ось профиля, в зависимости от обстоятельств, может быть перпендикулярной оси резьбового соединения или под наклоном по отношению к данному перпендикуляру.

Если паз выходит на поверхность сцепления, ось профиля может, в зависимости от обстоятельств, быть параллельной оси резьбового соединения или под углом по отношению к ней.

В некоторых случаях глубина паза или его ширина или обе данные характеристики могут изменяться по его длине.

Предпочтительно дно паза имеет радиус, величина которого не менее чем 0,2 мм, чтобы ограничить концентрацию нагрузок на этом уровне.

Предпочтительно ширина паза, измеряемая на его выходе, не более чем 2/3 ширины выступа, если паз выходит на вершине выступа.

Далее в настоящем описании под шириной выступа подразумевают ширину последнего, измеряемую в осевом направлении на половине высоты резьбы, и под высотой выступа подразумевают расстояние, измеряемое в плоскости, перпендикулярной оси соединения между линиями впадины и вершины выступа.

Предпочтительно ширина паза на его выходе не более чем 2/3 высоты выступа, если паз выходит на поверхность сцепления.

Предпочтительно глубина паза не более чем 2/3 ширины выступа, если паз находится на поверхности сцепления.

Предпочтительно также глубина паза не более чем высота выступа, таким образом, что дно паза не выходит за линию, соединяющую впадины резьбы, если паз находится на вершине выступа.

Предпочтительно также, если паз расположен на стыке между вершиной и поверхностью сцепления, чтобы его ширина на выходе и

его глубина подчинялись одновременно критериям, применяемым к пазу, выходящему на вершину выступа, и к пазу, выходящему на поверхность сцепления. Его глубина в связи с этим не более чем меньшая из величин: высота выступа и $2/3$ ширины выступа, а его ширина на выходе не более чем $2/3$ меньшей из величин: высоты или ширины выступа.

Предпочтительно наружные и внутренние элементы резьбового соединения, согласно изобретению, имеют каждый, по меньшей мере, одну герметизирующую поверхность металл-металл, причем каждая внешняя герметизирующая поверхность находится на внешнем элементе, по окончании завинчивания противодействуя в радиальном направлении внутренней герметизирующей поверхности, находящейся на внутреннем элементе, так что образуется, по меньшей мере, один герметичный контакт металл-металл между внешним и внутренним элементами.

Предпочтительно также внешний и внутренний элементы резьбового соединения, согласно изобретению, включают каждый, по меньшей мере, один упор, причем внешний упор находится на внешнем элементе и опирается на внутренний упор, находящийся на внутреннем элементе, точно определяя положение, соответствующее окончанию завинчивания, и оказывая давление на находящиеся в контакте внешние и внутренние опорные поверхности.

Далее приведено описание различных вариантов выполнения резьбовых соединений, согласно изобретению, не имеющих ограничительного характера.

Фиг. 1 схематически изображает муфтовое соединение двух труб посредством конической резьбы в соответствии с известным уровнем техники.

Фиг. 2 схематически изображает вариант того же типа соединения в соответствии с известным уровнем техники.

Фиг. 3 схематически изображает цельное соединение двух труб посредством цилиндрической двухзаходной резьбы в соответствии с известным уровнем техники.

Фиг. 4 схематически изображает часть резьбы с круглыми выступами и пазом согласно изобретению.

Фиг. 5-7 также схематически изображают деталь резьбы с трапецидальными противодействующими выступами и пазом, согласно изобретению, причем на каждой фигуре показано разное положение паза.

Фиг. 8-10 также схематически изображают деталь резьбы с трапецидальными выступами без осевого зазора с пазом, согласно изобретению, причем на каждой фигуре показано разное положение паза.

Каждая из фигур с 4 по 10 состоит из трех чертежей, на которых буквой А обозначена

внутренняя резьба, буквой В - внешняя резьба и буквой С обозначено их соединение.

Фиг. 11 более подробно изображает положение паза в резьбе, представленной на фиг. 8, причем фиг. 11А относится к внутренней резьбе, а фиг. 11В - к внешней резьбе.

Фиг. 12 схематически изображает деталь цилиндрической резьбы с клиновидными выступами, имеющими изменяющуюся ширину и паз, согласно изобретению, причем буквы А, В, С, D соответственно обозначают внутреннюю резьбу, внешнюю резьбу, их соединение в процессе завинчивания и соединение в собранном виде.

Фиг. 13 изображает кривую момент завинчивания Т - число оборотов N, относящуюся к соединению труб на резьбе по фиг. 12.

Фиг. 14 схематически изображает часть конической резьбы с клиновидными выступами, имеющими изменяющуюся ширину и паз согласно изобретению, причем буквы А, В, С, D соответственно обозначают внутреннюю резьбу, внешнюю резьбу, их соединение в процессе завинчивания и соединение в собранном виде.

Все изображения являются схематическими, коническая форма и зазоры, в частности, изображены не в масштабе, а с увеличением для облегчения понимания работы соединений.

На фиг. 1 изображено резьбовое соединение 100, согласно спецификации API 5CT, двух металлических труб 101 и 101' с помощью муфты 102.

Каждый торец трубы 101, 101' имеет внешний элемент с конической внешней резьбой 103, 103', имеющей круглые выступы.

Муфта 102 имеет два внутренних элемента, расположенных симметрично по отношению к средней плоскости, причем каждый внутренний элемент имеет коническую внутреннюю резьбу 104, 104', выступы которой соответствуют выступам внешней резьбы.

Внешние резьбы 103, 103' закручиваются в соответствующие внутренние резьбы 104, 104'.

Спецификация API 5B определяет форму и размер выступов, коническую форму резьбы, шаг резьбы и т.д. для соединений такого типа.

Применяются также, согласно спецификации API 5CT и 5B, резьбовые соединения, называемые "Buttress" (упорная резьба), не изображенные на фигуре, аналогичные соединениям на фиг. 1, но имеющие трапецидальные выступы.

На фиг. 2 изображено известное резьбовое муфтовое соединение 200 с использованием конической резьбы 203, 204 с трапецидальными выступами, причем муфта 202 имеет в центральной части реборду 206, обеспечивающую вытекание нетурбулентной жидкости в трубы 201, 201', и внутренние упоры 210, опирающиеся на внешние упоры 209, образованные кольцеобразными поверхностями торцов труб.

Конические герметизирующие внешние поверхности 207 и внутренние поверхности 208, находящиеся на частях без резьбы и противодействующие в радиальном направлении, создают упругую нагрузку при контакте между ними и обеспечивают, что также известно, герметичность соединения, показанного на фиг. 2.

Коническая форма внешних и внутренних упоров 209, 210 способствует, что также известно, усилению контактного давления на уровне опорных поверхностей 207, 208 и следовательно герметичности соединения.

На фиг. 3 изображено цельное резьбовое соединение двух труб 301, 302 с использованием цилиндрической двухзаходной резьбы.

На торце трубы 301 имеется внешний элемент с внешней цилиндрической резьбой по двум винтовым линиям 303, 303', коническая внешняя поверхность выступа 307 в форме половины ласточкина хвоста между двумя винтовыми линиями внешней резьбы и упоры 309, 309' на каждом торце внешнего элемента.

На торце трубы 302 имеется внутренний элемент, сопряженный с внешним, с внутренней цилиндрической резьбой по двум винтовым линиям 304, 304', коническая внутренняя поверхность выступа 308 в форме половины ласточкина хвоста между двумя винтовыми линиями внутренней резьбы и упоры 310, 310' на каждом торце внутреннего элемента.

Внешняя и внутренняя резьбы соединения 300 имеют трапецеидальные выступы и обычно не вызывают радиального противодействия по окончании завинчивания.

В законченном соединении выступы 307, 308 образуют основной упор, а упоры 309, 309', 310, 310' являются вспомогательными в случае вдавливания основного упора.

Конические поверхности 311', 312' соответственно внешнего и внутреннего элементов образуют вблизи торца внешнего элемента внутреннюю пару герметизирующих поверхностей металл-металл. Конические поверхности 311, 312 образуют вблизи торца внутреннего элемента внешнюю пару опорных герметизирующих поверхностей металл-металл. Внешняя пара 311, 312 герметизирующих опорных поверхностей может также находиться между выступами 307, 308 и винтовой линией 303, 304 резьбы большого диаметра.

На фиг. 4-10 и 12, 14 схематически изображено выполнение паза, согласно изобретению, в резьбовых соединениях, представленных на фиг. 1-3. Для облегчения понимания на фиг. 4-10 и 12, 14 показаны только несколько видов внутренних и внешних выступов.

На фиг. 4 изображены, согласно изобретению, части конической резьбы с круглыми выступами, в которых имеется паз для резьбового соединения, показанного на фиг. 1.

Внешние выступы 11 (фиг. 4В) имеют несущую поверхность 13 и поверхность 15 сцеп-

ления, каждая под углом 30° по обе стороны плоскости, перпендикулярной оси соединения, и закругленную впадину 17.

Паз 21 выполнен в радиальном направлении на вершине внешнего выступа и имеет V-образную форму с закругленным дном.

Ширина паза 21 на его выходе составляет около 25% ширины выступа 11, а его глубина равна 50% высоты выступа.

Радиус дна паза равен 0,4 мм.

Внутренние выступы 12 (фиг. 4А) имеют несущую поверхность 14 и поверхность 16 сцепления, сопряженные с поверхностями внешних выступов, а впадина имеет закругленную форму.

Несущие поверхности 14 и поверхности 16 сцепления расположены каждая под углом 30° с каждой стороны от плоскости, перпендикулярной оси соединения, и соответственно параллельны внешним поверхностям 13, 15.

Паз 22, изображенный пунктиром и идентичный по форме и расположению пазу 21, может быть выполнен в радиальном направлении на вершине внутреннего выступа вместо или в дополнение к пазу 21 внешнего профиля.

Пазы 21 и/или 22 на вершине выступа увеличивают упругость выступов резьбы и следовательно уменьшают контактное давление на боковые поверхности последних и момент завинчивания по сравнению с цельными выступами.

На фиг. 5 изображены, согласно изобретению, участки конической резьбы с противодействующими трапецеидальными выступами и пазом 41, выходящим на поверхность сцепления, причем резьба относится к резьбовому соединению, представленному на фиг. 2.

Внешние выступы 31 (фиг. 5В) имеют несущую поверхность 33, практически перпендикулярную к оси соединения, поверхность 35 сцепления, с углом наклона около 10° к плоскости, нормальной к данной оси, впадину 37 и вершину 39.

Впадины 37 и вершины 39 выступов параллельны конусу резьбы.

Паз 41 частично разделяет внешний выступ 31 на две части; профиль паза имеет V-образную закругленную внизу форму и практически параллелен оси соединения.

Ширина паза 41 на его выходе на поверхность сцепления равна $1/3$ высоты выступа, а его глубина составляет 50% от ширины выступа.

Угол у вершины V-образного паза 41 равен 30° приблизительно, и сторона 42 V-образного паза, ближайшая к впадине резьбы в основном параллельна оси соединения.

Дно паза имеет форму дуги с радиусом 0,4 мм.

Внутренние выступы 32 (фиг. 5А) имеют форму, сопряженную с формой соответствующих внешних выступов 31, т.е. их контур па-

параллелен контуру соответствующих внешних выступов, в частности, несущие поверхности 33, 34 параллельны друг другу, так же как и поверхности 35, 36 сцепления; высота внутреннего выступа, однако, несколько ниже, чем внешнего выступа, и ширина внутренней впадины 40 несколько больше, чем вершин внешних сопряженных выступов 39.

Внутренние выступы 32 не имеют паза.

На фиг. 5С схематически изображена работа соединения по окончании завинчивания.

По окончании завинчивания несущие сопряженные поверхности 33 и 34 находятся в контакте под давлением, благодаря, например, реакции упоров или растягивающему усилию по оси соединения. Такое контактное давление распределяется по всей ширине несущих поверхностей в связи с тем, что внешние несущие поверхности параллельны внутренним.

Точно также вершины внешних выступов 39 находятся в контакте, противодействующем в радиальном направлении, с впадинами внутренней резьбы 40. И, наоборот, благодаря описанной выше геометрической форме, образуется зазор, с одной стороны, между сопряженными несущими поверхностями 35, 36 и, с другой стороны, между внешними впадинами 37 и вершинами 38 внутренних выступов.

Верхняя часть 43 внешнего выступа 31, воспринимающая радиально направленное противодействие поверхностей 39, 40, подвергается упругопластичной деформации и уменьшает контактное давление и, следовательно, момент завинчивания.

Можно регулировать упругость верхней части 43 внешнего выступа 31, изменяя положение паза 41 на поверхности 35 сцепления и глубину паза.

В связи с отсутствием радиально направленного противодействия между внешней впадиной 37 и внутренним выступом 38, наличие паза, выходящего на поверхность 36 сцепления внутреннего выступа, функционально нецелесообразно.

Такое положение паза на противодействующих выступах может, в частности, представлять интерес для уменьшения контактного давления между вершинами и впадинами на уровне соседних выступов при контакте герметизирующих поверхностей металл-металл, т.к. повышенное контактное давление на этом уровне вызывает ослабление контактного давления между герметизирующими поверхностями: для этого паз выполняется на части резьбы рядом с герметизирующей поверхностью.

Можно также выполнить симметричное соединение с радиально направленным противодействием (не изображенное на фиг.) между внешней впадиной 37 и внутренним выступом 38 и пазом, выполненном во внутреннем выступе и выходящим на поверхность 36 сцепления.

На фиг. 6 изображены, согласно изобретению, участки конической резьбы с трапециевидными противодействующими выступами, аналогичные изображенным на фиг. 5, но паз 51 V-образной формы с закругленным дном выполнен во внешних выступах с выходом на вершину 39.

Функция паза 51 заключается, с одной стороны, в том, чтобы уменьшить поверхности 39, 40, противодействующие в радиальном направлении, и, следовательно, уменьшить силу трения, пропорциональную данным поверхностям, и, с другой стороны, повысить упругость несущей части 53 выступа, когда несущие поверхности 33, 34 воспринимают контактное давление, что уменьшает силу трения, и, следовательно, момент завинчивания соединения.

Паз 51 имеет форму, аналогичную форме паза 41, но он расположен в радиальном направлении и выходит на вершину 39 ближе к поверхности 35 зацепления. Его ширина на выходе составляет, например, 60% от ширины внешнего выступа и его глубина составляет 50% от высоты выступа.

Как и в варианте, изображенном на фиг. 5, наличие паза на вершине 38 внутреннего выступа нецелесообразно, поскольку на этом уровне не возникает трения с внешней впадиной 37.

На фиг. 7 изображены, согласно изобретению, участки конической резьбы с трапециевидными противодействующими выступами, подобными изображенным на фиг. 5, но паз 56 с V-образным профилем и закругленным дном расположен во внешних выступах с выходом на стыке между вершиной 39 внешнего выступа и внешней поверхностью 35 сцепления.

Положение паза 56 и его направление внутри выступа наклонно, и ось профиля паза образует угол 45°, например, по отношению к вершине 39 выступа.

Положение паза 56 одновременно усиливает упругость выступа, стороны 33, 39 которого воспринимают контактное давление, и уменьшает контактные поверхности 39, 40.

На фиг. 8 изображены, согласно изобретению, участки конической резьбы с трапециевидными выступами без осевого зазора, имеющие паз 61, выполненный на вершине 39 внешнего выступа 31, и другой паз 62, выполненный на вершине 38 внутреннего выступа 32.

Форма выступов 31, 32 подобна форме, показанной на фиг. 5, в частности контур внутренних выступов 32 параллелен контуру соответствующих внешних выступов 31, за исключением того, что вершины 39 внешнего выступа 31 и впадины 40 внутренней резьбы 32, впадины 37 внешней резьбы и выступы 38 внутренней резьбы расположены так, что они не вступают в противодействие в радиальном направлении во время завинчивания, тогда как боковые поверхности 33, 34, 35, 36 расположены так, что они

приходят в контакт по окончании завинчивания, как показано на фиг. 8.

Пазы 61 внешней и пазы 62 внутренней резьбы, как и на предыдущих фигурах, имеют V-образный профиль с закругленным дном.

Как на предыдущих фигурах, угол на вершине V-образных пазов 61, 62 составляет около 30° и радиус дна равен 0,4 мм.

Глубина пазов 61, 62 составляет, например, 70% от высоты выступа, а их ширина при выходе на вершину выступа составляет 35% от ширины выступа.

Пазы 61, 62 образуют в каждом выступе внешней резьбы 31 полувыступы 63, 65 и в каждом выступе внутренней резьбы 32 полувыступы 64, 66.

Такие полувыступы значительно более упругие, чем цельные выступы, когда боковые сопряженные поверхности 33, 34, 35, 36 приходят в контакт по окончании завинчивания. Благодаря такой повышенной упругости, можно синхронизировать движение таких упоров, как 209, 210, изображенных на фиг. 2, со стыковкой сопряженных боковых поверхностей; преждевременная стыковка таких поверхностей, связанная с плохим соответствием внешних и внутренних элементов друг к другу, брак при изготовлении, в данном случае выражается просто небольшой упругой деформацией выступов по окончании завинчивания, но упоры 209, 210 приходят в правильное положение, необходимое для достижения достаточной герметичности на уровне герметизирующих поверхностей 207, 208.

Следующий пример демонстрирует применение такой конфигурации:

внешний диаметр труб: 177,8 мм (7"), толщина труб: 10,36 мм (29 фунт/фут),

материал с минимальным пределом упругости 551 МПа после обработки,

коническая резьба с 5 трапецидальными витками на дюйм величины конусности 6,25% от диаметра (что соответствует углу $1,79^\circ$ между простейшими конусами 45, 46 и направлением 47 оси соединения).

На фиг. 11В и 11А показана более подробно, чем на фиг. 8, форма внешнего выступа 31 и соответствующая форма внутреннего выступа 32, которые рассчитаны так, чтобы соединение не имело осевого зазора.

На этих фигурах несущие поверхности 33, 34 находятся под углом с отрицательным значением -3° , тогда как поверхности 35, 36 сцепления имеют обе угол наклона 13° по отношению к нормали, проходящей через ось соединения. Выступы 38, 39 и впадины 37, 40 резьбы параллельны образующим простейших конусов 45, 46, которые наклонены к оси соединения под углом $1,79^\circ$.

Ширина выступа составляет около 2,54 мм, высота - 1,6 мм.

Пазы 61, 62, расположенные соответственно на внешнем выступе 31 и на внутреннем выступе 32, имеют ось, перпендикулярную к оси соединения, и выходят на вершины выступов 39, 38.

Пазы 61, 62 имеют две стенки 71, 71', 72, 72', идущие под наклоном и соединенные дном 73, 74, образуя V-образную несимметричную форму с закругленным дном.

Расстояние между осями пазов 61, 62 и соответствующей опорной поверхностью 33, 34 в данном случае составляет 1,4 мм.

Угол на вершине V равен 35° , стенка 71, 72, направленная к несущей поверхности 33, 34, имеет больший наклон по отношению к оси V-образного профиля, чем другая стенка 71', 72'.

Радиус дна паза 73, 74 равен 0,4 мм.

Пазы 61, 62 на фиг. 11 имеют глубину 1 мм или 62,5% от высоты выступа резьбы. Ширина на их выходе составляет 38% от ширины выступа резьбы.

Согласно изобретению, можно также выполнить резьбовое соединение (не изображенное на чертежах) с трапецидальной конической резьбой без осевого зазора, но с противодействием в радиальном направлении по окончании завинчивания, причем, по меньшей мере, одна резьба имеет паз, выходящий на выступ.

На фиг. 9 изображены, согласно изобретению, участки конической резьбы с трапецидальными выступами и осевым зазором, как и на фиг. 8, но паз 67 выполнен во внешнем выступе 31 и выходит на несущую поверхность 35, что позволяет уменьшить площади трения при контакте.

Паз 67 имеет ось, значительно приближенную к оси соединения.

Например, его глубина, измеряемая по оси, составляет 50% от ширины выступа, и его ширина на выходе составляет 50% от высоты внешнего выступа.

Его профиль, как и на предыдущих фигурах, имеет V-образную форму с углом около 30° и закругленным дном, имеющим радиус 0,4 мм.

Выполнение паза на внутренней поверхности сцепления в дополнение к пазу 67 нецелесообразно.

На фиг. 10 изображен вариант, в котором паз 68 выходит на стык вершины внешнего выступа 39 и внешней поверхности 35 сцепления резьбового соединения, согласно изобретению, с использованием конической трапецидальной резьбы без осевого зазора типа, представленного на фиг. 8.

Как в варианте на фиг. 7, паз расположен под наклоном к выступу резьбы и поверхности сцепления и служит одновременно для уменьшения контактного давления на сопряженные боковые поверхности и поверхности, между которыми возникает трение при контакте.

Согласно изобретению, можно также выполнить резьбовое соединение (не изображенное на чертежах) с использованием конической резьбы с трапецидальными выступами и пазом, причем паз или пазы расположены, например, на вершине выступа или на стыке между вершиной выступа и поверхностью сцепления и служат для уменьшения контактного давления на несущие поверхности.

Можно также, согласно изобретению, выполнить паз на вершине выступа цилиндрической, конической или цилиндрикоконической резьбы с трапецидальными клиновидными выступами, где ширина внешнего и внутреннего выступа изменяется вдоль резьбы таким образом, что по окончании завинчивания боковые поверхности резьбы находятся под контактным давлением.

На фиг. 12 изображен паз, выполненный на клиновидном выступе, ширина которого изменяется по резьбам 303', 304' соединения с использованием цилиндрической двухзаходной резьбы, показанной на фиг. 3.

Внешние выступы 331 на фиг. 12В трапецидальной формы имеют несущую поверхность 333, поверхность 335 сцепления, выступ 339 и впадину 337, причем выступы и впадины резьбы находятся на цилиндрических поверхностях, соосных с осью соединения.

Несущие поверхности и поверхности сцепления образуют с нормалью к оси соединения угол, который условно считают отрицательным с тем, чтобы выступ 331 имел форму ласточкина хвоста.

Ширина L1 внешнего выступа непрерывно увеличивается по каждой винтовой линии, начиная с витков, находящихся на свободном торце внешнего элемента, по направлению к противоположному торцу.

Внутренние трапецидальные выступы 332 на фиг. 12А в форме ласточкина хвоста, сопряженные по форме с внешними выступами 331, имеют несущую поверхность 334, поверхность 336 сцепления, выступ 338 и впадину 340, причем выступы и впадины расположены на цилиндрических поверхностях, соосных с осью соединения.

Каждая из поверхностей 334, 336 внутренней резьбы параллельна соответствующей поверхности 333, 335 внешней резьбы.

Ширина L2 внутренних выступов непрерывно увеличивается по одной винтовой линии, начиная с выступов, расположенных на свободном торце внутреннего элемента, по направлению к выступам на противоположном торце, и данное увеличение координируется с увеличением ширины внешних выступов внешней резьбы.

Внутренние выступы имеют пазы 362, входящие на вершины выступов 338, форма и положение которых аналогично форме и положению паза 62, показанного на фиг. 8А.

На фиг. 12С изображены внешняя и внутренняя однозаходная резьбы в процессе осуществления соединения: можно констатировать, что расстояние x является постоянным между несущими поверхностями 333, 334 каждого выступа, входящего в зацепление с сопряженным с ним выступом.

Кроме того, в цилиндрической резьбе такого типа не возникает радиального противодействия между сопряженными выступами и впадинами 337-338, 339-340.

По мере завинчивания внешнего элемента во внутренний расстояние между соответствующими боковыми поверхностями уменьшается до полного исчезновения, как показано на фиг. 12D.

Если продолжить завинчивание дальше, боковые внешние поверхности 333, 335 войдут в сопряженные внутренние поверхности 334, 336, причем контактное давление между ними будет увеличиваться по мере продолжения завинчивания. Вследствие этого резко возрастает момент завинчивания, и, учитывая то, что боковые поверхности имеют значительную площадь, окончание завинчивания может произойти с крайне высоким моментом.

Паз 362, как на предыдущих фигурах, имеет V-образный профиль с закругленным дном, причем вершина V имеет угол около 30° и радиус 0,4 мм. Глубина пазов составляет, например, 70% от высоты выступа, а ширина на выходе на вершину выступа резьбы составляет 35% ширины выступа.

Паз 362 образует во внутреннем выступе 332 полувыступы 364, 366, которые значительно более упруги, чем цельные выступы.

Наличие паза на таких выступах 331, 332 с изменяющейся шириной уменьшает наклон кривой момента завинчивания T в зависимости от числа оборотов N элементов, как показывает направление кривой E на фиг. 13, по отношению к кривой D , относящейся к аналогичным выступам, но без паза, тогда как максимальное значение момента завинчивания немного уменьшено, благодаря наличию паза.

Наличие паза на таких выступах с изменяющейся шириной вызывает, кроме того, эффект самоограничения момента T за пределом определенного порога. Это приводит к возможному увеличению числа оборотов N до достижения максимально допустимого момента завинчивания и позволяет установить в правильное положение одну или несколько пар отдельных герметизирующих поверхностей 307, 308 с помощью одной или нескольких пар упоров 309, 309', 310, 310' во всех случаях соединения внешнего и внутреннего элементов.

На фиг. 14 изображен паз, расположенный на клиновидном выступе с изменяющейся шириной резьбы 203, 204 резьбового соединения с использованием конической резьбы, типа представленной на фиг. 2.

Внешние трапецидальные выступы 231 на фиг. 14В имеют несущую поверхность 233, поверхность 235 сцепления, выступ 239 резьбы и впадину 237 резьбы, причем выступы и впадины расположены на конических поверхностях, соосных с осью соединения и имеющих ту же конусность.

В варианте, не изображенном на чертеже, вершины выступов и/или впадины могут быть параллельны оси соединения, причем простейшая поверхность остается тем не менее конической.

Несущие поверхности 233 образуют с нормалью к оси соединения угол, величина которого условно считается отрицательной, а поверхности 235 сцепления образуют с нормалью к оси соединения угол, величина которого условно считается положительной.

Угол между несущей поверхностью и поверхностью сцепления одного и того же выступа таков, что поверхности 233, 235 расходятся по направлению к вершине выступа 239 так, что выступ 231 имеет форму, называемую половиной ласточкина хвоста.

Ширина внешнего выступа увеличивается непрерывно, начиная с выступов, расположенных на свободном торце внешней резьбы в направлении выступов, расположенных с противоположной стороны.

Внутренние выступы 232 на фиг. 14А имеют трапецидальную форму, соответствующую форме внешних выступов 231, и имеют несущую поверхность 234, поверхность 236 сцепления, вершину выступа 238 и впадину 240.

Каждая поверхность 234, 236 внутреннего выступа параллельна соответствующей поверхности 233, 235.

Ширина внутренних выступов непрерывно увеличивается, начиная с выступов, расположенных на свободном торце внутреннего элемента в направлении выступов, расположенных с противоположной стороны, и данное увеличение соответствует увеличению ширины внешних выступов внешней резьбы.

На фиг. 14С изображена внешняя и внутренняя резьба в процессе осуществления соединения: можно констатировать наличие постоянного расстояния x между несущими поверхностями 233, 234 каждого выступа, входящего в зацепление с сопряженным с ним выступом.

По мере ввинчивания внешнего элемента во внутренний, расстояние x между соответствующими боковыми поверхностями уменьшается до полного исчезновения, как показано на фиг. 14D. Если продолжать завинчивание, боковые внешние 233, 235 поверхности вминаются в сопряженные боковые внутренние поверхности 234, 236, причем контактное давление между сопряженными сторонами повышается по мере продолжения завинчивания.

Вследствие этого может произойти резкое увеличение момента завинчивания, и в связи со

значительной площадью поверхностей окончание завинчивания может произойти с крайне высоким моментом.

Кроме того, в данном типе конической резьбы с клиновидными выступами по окончании завинчивания можно получить радиальное противодействие между прилегающими вершинами и впадинами 237-238 и/или 239-240 так, что внешние выступы 231 полностью заполняют пространство между внутренними выступами и/или внутренние выступы 232 полностью заполняют пространство между внешними выступами. На фиг. 14D показан вариант с полным заполнением пространства между внешними и внутренними выступами, причем сама резьба в этом случае является герметичной и устраняющей наличие смазочного материала между прилегающими выступами и впадинами резьбы по окончании завинчивания, который является причиной ошибочного измерения момента завинчивания. Предпочтительно, чтобы радиальное противодействие возникало до того, как соответствующие боковые поверхности придут в контакт.

Паз 261 во внешнем выступе имеет, как и на предыдущих фигурах, V-образный профиль с закругленным дном, причем вершина V имеет угол 30° и радиус 0,4 мм. Его глубина составляет, например, 70% высоты выступа, а его ширина на выходе на вершину выступа составляет 35% ширины резьбы.

Паз образует во внешнем выступе 231 полувывступы 263, 265, которые имеют большую упругость, чем цельный выступ, и выполняет те же функции, что и паз 362 на фиг. 12, которые были описаны выше в данном тексте. Он также дает возможность лучше синхронизировать осевое растяжение боковых поверхностей с радиальным противодействием выступов и впадин резьбы по окончании завинчивания.

Резьбовое соединение, согласно данному изобретению, может быть выполнено во множестве вариантов, причем приведенные примеры не имеют ограничительного характера.

В частности, настоящее изобретение может применяться также к резьбовому соединению, называемому цельным, как показано на фиг. 3, причем внешний элемент расположен на торце первой металлической трубы, имеющей большую длину, а внутренний элемент расположен на торце второй трубы, также имеющей большую длину, и к резьбовому муфтовому соединению, как показано на фиг. 1 и 2, в котором две металлические трубы большой длины, имеющие на торце внешний элемент, соединены с помощью металлической муфты, на каждом конце которой имеется внутренний элемент, такое резьбовое муфтовое соединение осуществляет два резьбовых соединения согласно изобретению.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Резбовое соединение двух металлических труб, включающее внешний элемент на торце первой трубы и внутренний элемент на торце второй трубы, причем внешний элемент имеет внешнюю охватываемую резьбу, внутренний элемент имеет внутреннюю охватывающую резьбу, каждая поверхность выступа которой параллельна соответствующей поверхности внешней резьбы, причем внешняя и внутренняя резьба навинчиваются друг на друга, отличающееся тем, что, по меньшей мере, одна из резьб, внешняя или внутренняя, имеет для уменьшения сил при контакте между внешней резьбой и внутренней резьбой паз, имеющий две стенки паза и дно паза, и выполненный в массе выступа и выходит или на поверхность сцепления, или на вершину выступа, или на стык между поверхностью сцепления и вершиной выступа.

2. Резбовое соединение по п.1, отличающееся тем, что паз проходит непрерывно по длине развертки резьбы или резьб.

3. Резбовое соединение по п.1 или 2, отличающееся тем, что паз имеет стенки паза с V-образным профилем и закругленное дно паза.

4. Резбовое соединение по одному из пп.1-3, отличающееся тем, что дно паза имеет радиус не менее чем 0,2 мм.

5. Резбовое соединение по одному из пп.1-4, отличающееся тем, что паз (21, 22, 51, 61, 62), выходящий на вершину выступа, имеет на выходе ширину, не более чем $2/3$ ширины выступа.

6. Резбовое соединение по одному из пп.1-4, отличающееся тем, что паз (41, 67), выходящий на поверхность сцепления, имеет ширину, не более чем $2/3$ высоты выступа.

7. Резбовое соединение по одному из пп.1-4, отличающееся тем, что паз (56, 68), выполненный на стыке между вершиной выступа и поверхностью сцепления, имеет на выходе ширину, не более чем $2/3$ меньшей из величин: ширины или длины выступа.

8. Резбовое соединение по одному из пп.1-4, отличающееся тем, что паз (21, 22, 51, 61, 62), расположенный на вершине выступа, имеет глубину, не более чем высота выступа.

9. Резбовое соединение по одному из пп.1-4, отличающееся тем, что паз (41, 68), выполненный на поверхности сцепления, имеет глубину, не более чем $2/3$ ширины выступа.

10. Резбовое соединение по одному из пп.1-4, отличающееся тем, что паз (56, 67), выполненный на стыке между вершиной выступа и поверхностью сцепления, имеет глубину, не более чем одна из двух величин: высота выступа или $2/3$ ширины выступа.

11. Резбовое соединение по одному из пп.1-10, отличающееся тем, что внешняя и внутренняя резьбы являются коническими резьбами с выступами трапецеидальной формы, расположенными по одной или нескольким винтовым линиям.

12. Резбовое соединение по п.11, отличающееся тем, что, по меньшей мере, одна из вершин внешнего или внутреннего выступов противодействует в радиальном направлении с одной или несколькими прилегающими впадинами по окончании завинчивания.

13. Резбовое соединение по п.11, отличающееся тем, что внешняя и внутренняя резьбы являются резьбами с трапецеидальными выступами без осевого зазора.

14. Резбовое соединение по одному из пп.1-10, отличающееся тем, что внешняя и внутренняя резьбы являются цилиндрическими одно- или многозаходными резьбами или цилиндроконическими резьбами.

15. Резбовое соединение по одному из пп.11-14, отличающееся тем, что ширина внешнего и внутреннего выступа координированно изменяется по всей длине резьбы или каждой части резьбы, образуя клиновидные выступы.

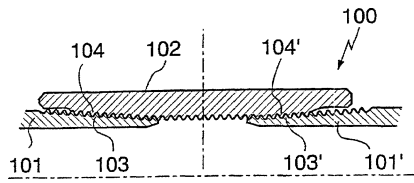
16. Резбовое соединение по одному из пп.1-10, отличающееся тем, что внешняя и внутренняя резьбы являются коническими с круглыми выступами, согласно спецификации Американского нефтяного института 5В.

17. Резбовое соединение по одному из пп.1-16, отличающееся тем, что внешний элемент имеет, по меньшей мере, одну внешнюю герметизирующую поверхность (207, 307) и внутренний элемент имеет, по меньшей мере, одну внутреннюю опорную герметизирующую поверхность (208, 308), причем соответствующие внешняя и внутренняя поверхности противодействуют в радиальном направлении по окончании завинчивания, создавая, по меньшей мере, один герметичный контакт металл-металл между внешними и внутренними элементами.

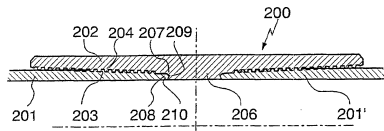
18. Резбовое соединение по одному из пп.1-17, отличающееся тем, что внешний элемент и внутренний элемент имеют каждый, по меньшей мере, один упор, причем упор или упоры (209, 309, 309') внешнего элемента опираются о соответствующий упор или упоры (210, 310, 310') внутреннего элемента по окончании завинчивания.

19. Резбовое соединение по одному из пп.1-18, отличающееся тем, что оно является цельным (300).

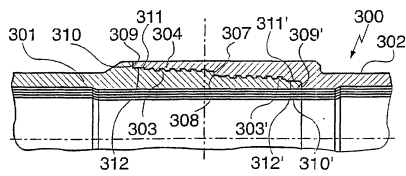
20. Резбовое соединение по одному из пп.1-18, отличающееся тем, что оно является муфтовым (100, 200).



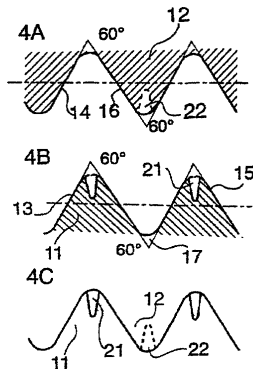
Фиг. 1



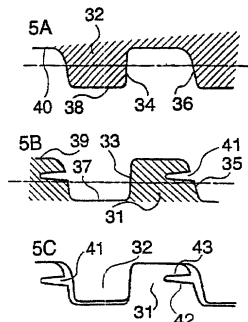
Фиг. 2



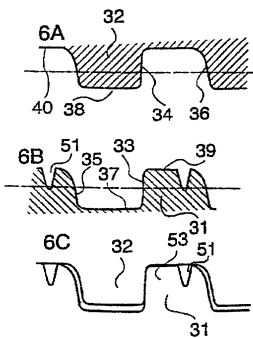
Фиг. 3



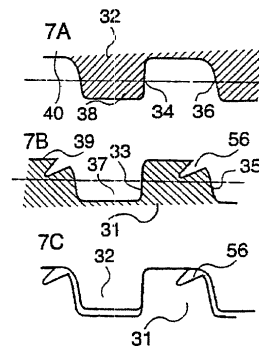
Фиг. 4



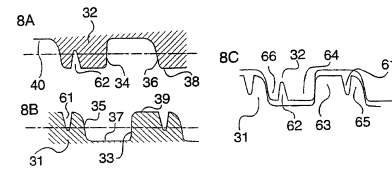
Фиг. 5



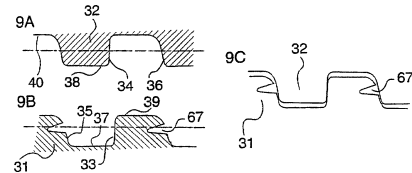
Фиг. 6



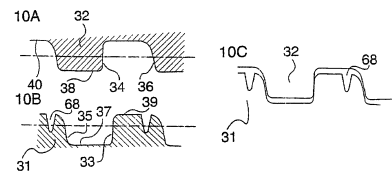
Фиг. 7



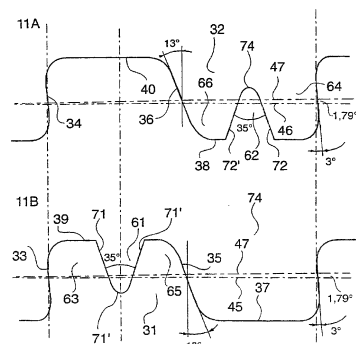
Фиг. 8



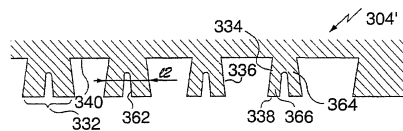
Фиг. 9



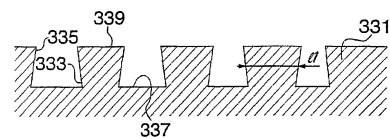
Фиг. 10



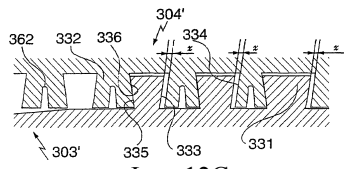
Фиг. 11



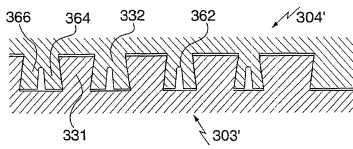
Фиг. 12A



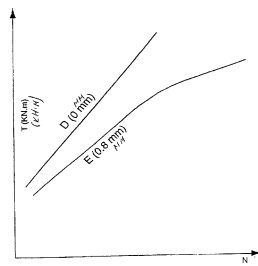
Фиг. 12B



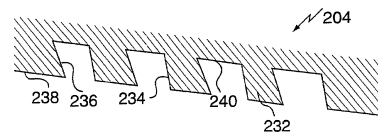
Фиг. 12C



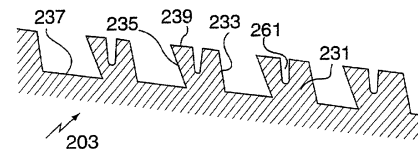
Фиг. 12D



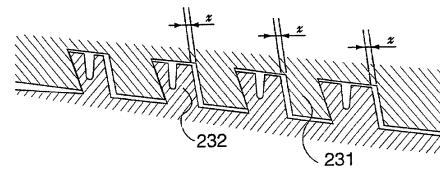
Фиг. 13



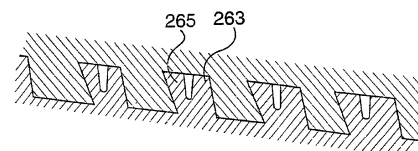
Фиг. 14A



Фиг. 14B



Фиг. 14C



Фиг. 14D