

А.А. Фатхуллин, Р.А. Кайдриков, Б.Л. Журавлев, В.Э. Ткачева

ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ Конструкции. Моделирование. Расчеты



**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»**

**А.А. Фатхуллин, Р.А. Кайдриков, Б.Л. Журавлев,
В.Э. Ткачева**

**ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ В СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ**

Конструкции. Моделирование. Расчеты

Монография

**Казань
КНИТУ
2011**

Фатхуллин, А.А.

Электроизолирующие соединения в системах электрохимической защиты: монография / А.А. Фатхуллин [и др.]; М-во образ. и науки РФ, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. 2011. – 177 с.

ISBN 978-5-7882-1164-0

Рассматриваются схемы установки электроизолирующих соединений в системах электрохимической защиты трубопроводов. Описываются конструктивные особенности патентованных электроизолирующих соединений (Россия, США, Великобритания, Германия, Япония, Китай, Франция). Приводятся результаты оценки опыта эксплуатации электроизолирующих соединений в ОАО «Татнефть». Рассматривается моделирование систем с электроизолирующими соединениями в лабораторных и промышленных условиях. Приводятся методики расчетов параметров электроизолирующих соединений.

Предназначена для инженеров, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области защиты металлов от коррозии.

Подготовлена на кафедре технологии электрохимических производств.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета.

Рецензенты: зам. ген. директора ОАО НИИ «Нефтепромхим»,
доктор техн. наук *О.В. Угрюмов*
ст. науч. сотр., ООО НПФ «Гектор»
канд. хим. наук *А.С. Назмутдинова*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. СХЕМЫ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ	7
Глава 2. КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ	10
2.1 Классификация конструкций соединений	10
2.2 Патентованные конструкции электроизолирующих соединений	11
2.2.1 Фланцевые соединения	11
2.2.2 Бесфланцевые соединения	31
2.2.3 Комбинированные соединения	57
2.3 Стандартизованные электроизолирующие соединения	59
2.4 Электроизолирующие соединения, выпускаемые промышленностью	64
2.4.1 Фланцевые соединения	64
2.4.2 Бесфланцевые соединения	71
2.4.3 Комбинированные соединения	91
Глава 3. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ С ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ	92
3.1 Электроизолирующие соединения, используемые в ОАО «Татнефть»	92
3.2 Причины выхода из строя электроизолирующих соединений	94
3.3 Статистика отказов электроизолирующих соединений по причине внутренней коррозии	97
3.4 Статистика отказов электроизолирующих соединений по причине потери диэлектрических свойств	114
Глава 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ	118
4.1 Лабораторная установка для моделирования работы ЭИС	118
4.2 Моделирование коррозионно-электрохимических условий внутри ЭИС	119
4.3 Определение коэффициента эффективности ЭИС	123

4.4 Распределение токов между разделенными ЭИС трубопроводами	126
Глава 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ТОКА УТЕЧКИ ЭИС В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	132
5.1 Выявление неисправных электроизолирующих соединений	132
5.2 Электроизолирующие соединения, ограничивающие защищаемый участок трубопровода с одной стороны	133
5.3 Электроизолирующие соединения, ограничивающие защищаемый участок трубопровода с двух сторон	136
Глава 6. РАСЧЕТ ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ТОКА УТЕЧКИ ЭИС	143
Глава 7. ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ С ВНУТРЕННИМИ ПРОТЕКТОРАМИ	148
Глава 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭИС В УСЛОВИЯХ ПРОМЫСЛОВОГО СТЕНДА	157
Список использованных источников	166

ВВЕДЕНИЕ

Защиту подземных трубопроводов от грунтовой коррозии осуществляют комплексным методом, включающим нанесение на наружную поверхность трубопровода антикоррозионного покрытия и электрохимическую защиту, которая должна обеспечивать в течение всего срока эксплуатации непрерывную по времени катодную поляризацию трубопровода на всем его протяжении.

Для повышения эффективности электрохимической защиты трубопроводы разделяют на области защиты, границы которых определяются установкой электроизолирующих соединений, электрически разъединяющих один участок трубопровода от другого, что позволяет значительно снижать потери защитного тока. Электроизолирующие соединения используются также для электрического разъединения трубопровода и обсадной колонны скважины, трубопровода и системы подземных сооружений на промышленных площадках.

Электроизолирующие соединения кроме выполнения основной функции, должны обеспечивать сохранение механической прочности и герметичности места соединения. Существенным недостатком большинства известных конструкций электроизолирующих соединений является внутренняя коррозия участков трубопровода, незащищенных электрохимической защитой, возникающая вследствие того, что трубопровод на этих участках работает как биполярный электрод. Для защиты трубопроводов от внутренней коррозии используют электроизолирующие соединения с внутренними протекторами.

Основными эксплуатационными характеристиками работы электроизолирующих соединений являются внутреннее сопротивление и ток утечки, величина которых зависит от параметров системы, в которую они включены.

В монографии рассматриваются схемы установки электроизолирующих соединений в системах электрохимической защиты трубопроводов. Описываются конструктивные особенности патентованных электроизолирующих соединений (Россия, США, Великобритания, Германия, Япония, Китай, Франция). Приводятся результаты оценки опыта эксплуатации электроизолирующих соединений в ОАО «Татнефть». Рассматривается моделирование систем с электроизолирующими соединениями в лабораторных и промысловых условиях. Приводятся методики расчетов параметров электроизолирующих соединений.

Обозначения и сокращения

АЗ	анодный заземлитель
ГЗНУ	групповая замерная насосная установка
ДНС	дожимная насосная станция
ИФС	изолирующее фланцевое соединение
ИСЭИС	индикатор состояния электроизолирующих соединений
КИК	контрольно-измерительная колонка
КНС	кустовая насосная станция
ЛЭП	линия электропередачи
МЭС	медно-сульфатный электрод сравнения
МЭСТ	механическое электроизолирующее соединение
НГДУ	нефтегазодобывающее управление
НЭМС	неразъемное электромеханическое соединение
ТИС	трубопроводное изолирующее соединение
ТП	товарный парк
УКЗ	установка катодной защиты
УКПН	установка комплексной подготовки нефти
х.с.э.	хлорид серебряный электрод
ЭИС	электроизолирующее соединение
ЭХЗ	электрохимическая защита

При электрохимической защите трубопровода электроизолирующие соединения устанавливают на обоих концах этого трубопровода непосредственно перед или на точках врезки в другие трубопроводы. Пример технологической схемы протекторной защиты с использованием ЭИС приведен на рис. 1.1 [7].

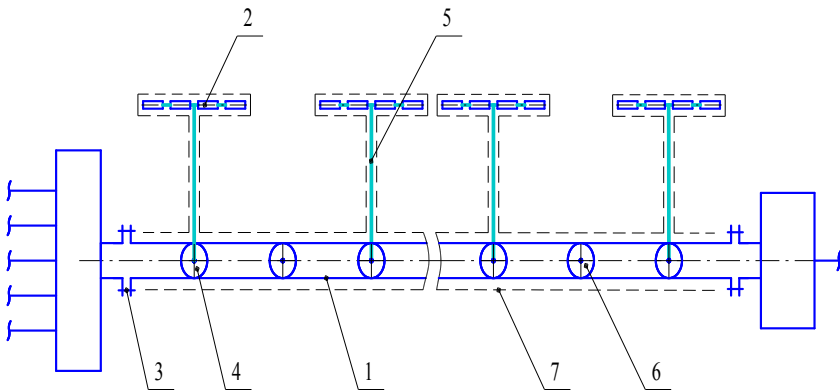


Рис. 1.1. Технологическая схема протекторной защиты трубопровода: 1 – трубопровод; 2 – гальванический анод; 3 – электроизолирующие соединения; 4 – дренажная контрольно-измерительная колонка; 5 – дренажный кабель; 6 – контрольно - измерительный пункт; 7 – траншея трубопровода

ЭИС может быть установлено как на защищаемом трубопроводе, так и на другом трубопроводе. В последнем случае

длина подземной части другого трубопровода от ЭИС до точки их врезки должна быть по возможности минимальной. Эта длина не должна превышать 10 м, если другой трубопровод имеет наружную изоляцию более низкого качества.

На устьях добывающих и нагнетательных скважин ЭИС устанавливают, как правило, непосредственно на выходе трубопровода из грунта (рис. 1.2а).

На нефтепроводах, с целью снижения опасности усиления внутренней коррозии, ЭИС устанавливают на вертикальных, наклонных и возвышающихся участках трубы (рис. 1.2б).

На вводах трубопроводов, подвергающихся воздействию внешних электрических и электромагнитных полей, во взрывоопасные здания, с целью исключения искрообразования, устанавливают по два ЭИС, причем обязательно вне здания (рис. 1.2в).

В случае подземного ввода ЭИС могут устанавливаться как на наземном, так и на подземном (в колодце) участке трубы (рис. 1.2г).

С целью снижения вредного влияния блуждающих токов, которые наводятся анодным заземлителем установок катодной защиты посторонних трубопроводов на защищаемый трубопровод в случае, если расстояние от АЗ до трубопровода менее 50 м (при битумной наружной изоляции) и 100 м (при полиэтиленовой изоляции), ЭИС устанавливают по обе стороны от АЗ на удалении 50 м от перпендикуляра, опущенного от АЗ на трубопровод (рис. 1.2д).

С целью снижения вредного влияния блуждающих токов, которые наводятся пересекающим катоднозащищенным посторонним трубопроводом, ЭИС устанавливают по обе стороны от пересечения на расстоянии 50 м от него (рис. 1.2е).

С целью устранения вредного влияния электромагнитного поля высоковольтной (6 кВ и более) ЛЭП на коррозионное состояние трубопроводов, а также недопущения распространения наведенного высокого напряжения по трубопроводу, имеющему качественную полиэтиленовую наружную изоляцию, устанавливают ЭИС по обе стороны от участка параллельного сближения с ЛЭП на расстоянии 20 м от начала и конца сближения (рис. 1.2ж). ЭИС устанавливают в тех случаях, когда протяженность параллельного сближения превышает 500 м и среднее расстояние до ЛЭП на участке сближения менее 50 м.

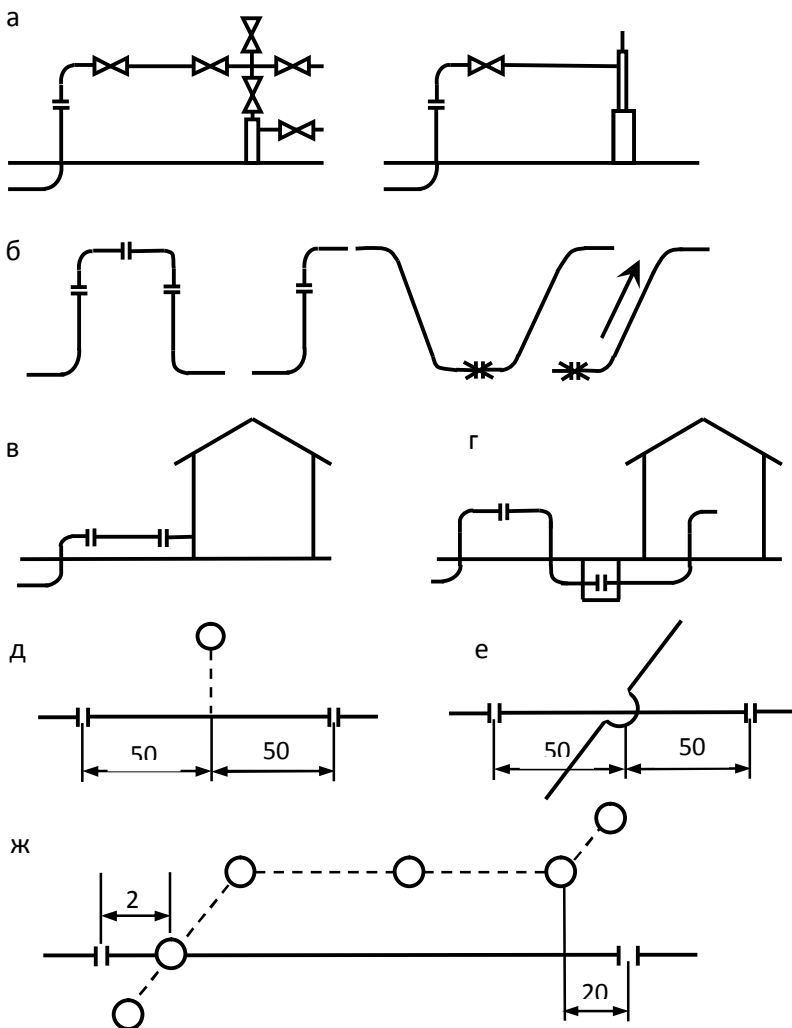


Рис. 1.2. Рекомендуемые и не рекомендуемые (зачеркнуты крестиком) схемы установки ЭИС: а - на устьях нагнетальных и добывающих скважин; б - на нефтепроводах; в, г - на наземном и подземном вводе во взрывоопасное здание соответственно; д - в зоне влияния анодного заземлителя УКЗ; е - на пересечении с катодозащищенным трубопроводом; ж - на участке параллельного сближения с ЛЭП

Глава 2. КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1 Классификация конструкций соединений

По конструктивным особенностям электроизолирующие соединения делят на три группы (рис. 2.1, 2.2) [9, 10].

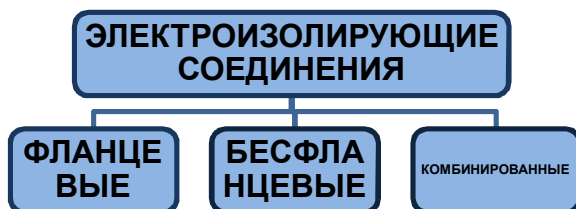


Рис. 2.1. Классификация электроизолирующих соединений

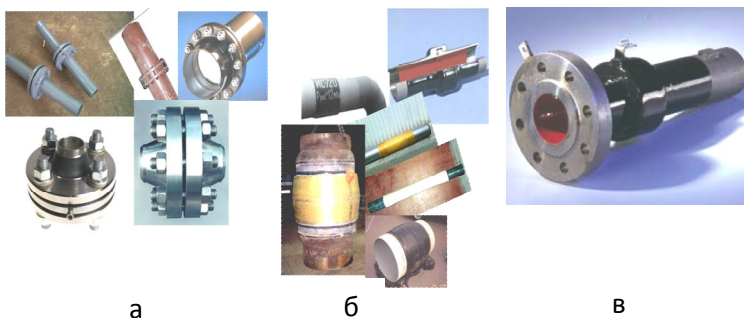


Рис. 2.2. Внешний вид электроизолирующих соединений:
а - фланцевые; б - бесфланцевые; в - комбинированное

Изолирующее фланцевое соединение представляет собой конструкцию, состоящую из фланцев, изолирующих колец (прокладок) между ними, изолирующих втулок, которые устанавливаются в крепежные отверстия, а также шпилек, гаек, шайб, [9].

Бесфланцевое электроизолирующее соединение (вставка электроизолирующая) - это трубопроводное изделие (фитинг), изготовленное и испытанное в заводских условиях, состоящее из двух металлических патрубков с соответствующими трубопроводу

присоединительными размерами, соединенных между собой силовыми элементами, электрически изолированными диэлектрическим материалом. Герметичность ВЭИ обеспечивается специальным уплотнением [6].

Комбинированное электроизолирующее соединение сочетает в себе конструктивные особенности фланцевых и бесфланцевых изолирующих соединений.

2.2 Патентованные конструкции электроизолирующих соединений

2.2.1 Фланцевые соединения

Одна из первых конструкций электроизолирующего соединения представлена на рис. 2.3. Особенностью данной конструкции является то, что изоляционные шайбы 7 и 11 выступают за пределы прилегающих металлических шайб и обеспечивают расширенную изолирующую поверхность. Патент США (1926 г.) [11].

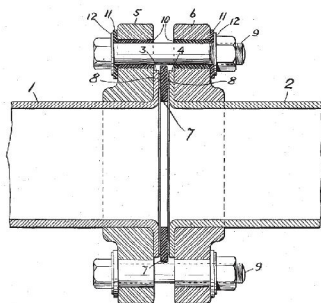


Рис. 2.3. Электроизолирующее соединение: 1,2 - металлические патрубки; 3,4 – фланцы; 5,6 - кольца для зажима; 7,8,11,12 – шайбы; 9 – болты; 10 – втулки

На рис. 2.4 показано электроизолирующее устройство, рассчитанное на применение в условиях высокого давления жидкой среды в широком температурном диапазоне. Патент Франции (1972 г.) [12].

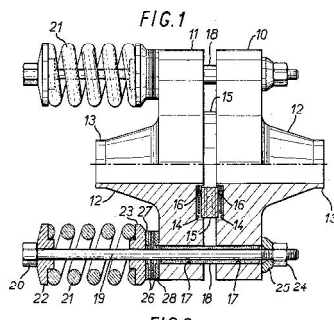


Рис. 2.4. Электроизолирующее соединение: 10, 11 – фланцы; 12 – коническое продолжение; 13 – место контакта с трубопроводом; 14 – кольцевая выемка; 15 – изолирующее кольцо; 16 – прокладка; 17 – отверстия; 18 – изолирующая втулка; 19 – металлический стержень; 20 – гайка; 21 – спиральная пружина; 22, 23 – фасонные шайбы; 24 – гайка; 25, 26 – диэлектрические прокладки

В конструкции (рис. 2.5) в прокладке 2 установлены, по меньшей мере, два металлических кольца 5, не имеющих между собой электрического контакта. В каждом из колец 5 закрепляется только одна из двух групп шпилек 3. Шпильки проходят через одно кольцо с зазором и электроизолированы от него, например, с помощью диэлектрических втулок 6 и крепятся в другом. Авторское свидетельство СССР (1983 г.) [13].

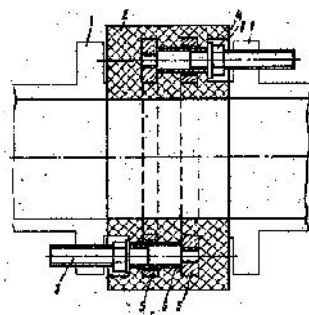
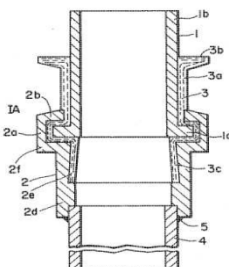


Рис. 2.5. Электроизолирующее соединение: 1 – фланец; 2 – диэлектрическая прокладка; 3 – шпилька; 4 – прижимная гайка; 5 – металлическое кольцо; 6 – втулка; 7 – уплотнительный элемент; 8 – паз; 9 – компаунд

FIG. 1

В изолирующем соединении (рис. 2.7) металлические патрубки



13

1,4 соединены посредством изолирующей части 3, расположенной в промежутке между ними. На конце металлического патрубка 1 расположен фланец 1а, а расширенная поверхность патрубка 4 охватывает этот фланец. Патент США (1983 г.) [15].

На рис. 2.8 представлено ИФС для многоуровневых систем, по которым транспортируются коррозионно-активные среды и газы. ЭИС включает внутренний термоустойчивый противоударный трубопровод, окруженный металлическим кожухом, пространство между которыми заполнено теплоизоляционным материалом. Концевые части внутреннего трубопровода окружены жаростойким материалом. Патент США (1984 г.) [16].

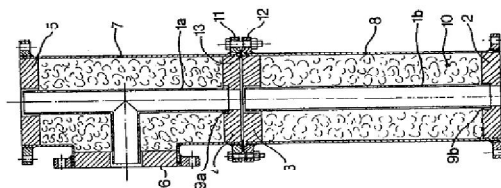


Рис. 2.8. Электроизолирующее соединение: 1а, 1б – верхняя (тройник) и нижняя части трубопровода; 2 - 6 – элементы из жаростойкого материала; 7, 8 – металлический кожух; 10 – теплоизолирующий материал; 11,12 – фланец; 13 – резиновая прокладка

Особенностью изолирующего фланцевого соединения (рис. 2.9) является то, что с целью выявления нарушения изоляционных свойств, между изолирующими прокладками полуфланцев установлен

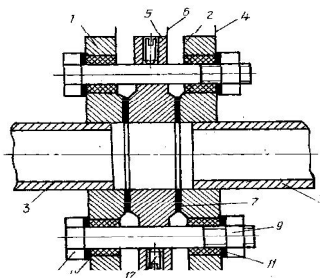


Рис. 2.9. Электроизолирующее соединение: 1, 2 – полуфланцы; 3 – трубопровод; 4, 6 – электрические контакты; 5 – промежуточный элемент; 7 – уплотняющая прокладка; 8 – болт; 9 – гайка; 10 – втулка; 11 – шайба; 12 – винт

промежуточный элемент из токопроводящего материала, электрически связанный с каждым из болтов. Полуфланцы и промежуточный элемент снабжены электрическими контактами. Авторское свидетельство СССР (1985 г.) [17].

В изолирующем соединении (рис. 2.10) концы металлических патрубков представлены в виде фланцев 34 и 36. Изолирующий материал 38 охватывает металлический патрубок, фланец, покрывает внешнюю и концевую поверхности фланцев. Патент США (1987 г.) [18].

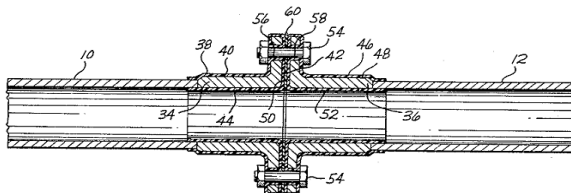
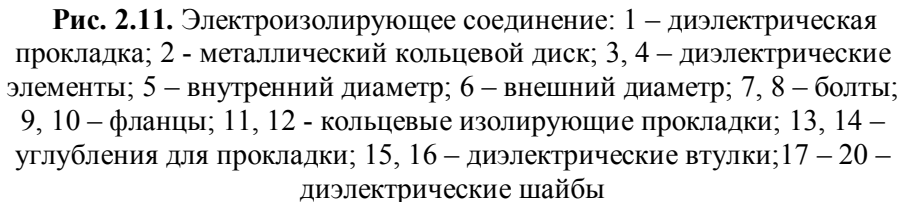


Рис. 2.10. Электроизолирующее соединение: 10, 12 – металлические патрубки; 34, 36 – фланцы; 38, 46 – диэлектрический материал; 40, 48 – внешние поверхности фланцев; 42, 50 – концевые части фланцев; 44, 52 – внутренние поверхности фланцев; 54 – крепежный элемент фланца; 56, 58 – резьбовые отверстия под крепление фланцев; 60 – изолирующее кольцо



Изолирующее соединение (рис. 2.12) имеет в своем составе два металлических патрубка, внешний диаметр одного из которых меньше. Соединение осуществляется путем наложения двух противоположных поверхностей патрубков, конец одного из которых снабжен фланцем, и между которыми располагаются изолирующие и прижимные кольца. Патент США (1988 г.) [20].

