

Н.Г. Петров (Отдел защиты от коррозии ОАО ГАЗПРОМ),
 Д.Б. Захаров, В.И. Передерий, В.А. Яковлев (ЗАО «Трубопроводные системы и технологии»).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НЕРАЗЪЕМНЫХ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ

По определению, неразъемные электроизолирующие соединения являются необслуживаемыми и неразборными изделиями и должны гарантировать свои механические и диэлектрические свойства в течение всего его жизненного цикла

В связи с этим уплотнительная система неразъемных электроизолирующих соединений требует специального изучения и совершенствования.

В настоящее время в мировой практике используется четыре основных типа системы уплотнений, используемые производителями неразъемных электроизолирующих соединений

- Уплотнительная система с использованием резиновых колец круглого сечения
 - Уплотнительная система с использованием манжет прямоугольного сечения
 - Уплотнительная система для неразъемных электроизолирующих соединений из композиционных материалов
 - U – образная уплотнительная система
- Вышеуказанные системы уплотнений имеют существенные различия и эксплуатационные ограничения, которые необходимо учитывать при проектировании мест установки на трубопроводах и эксплуатации.

УПЛОТНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗИНОВЫХ КОЛЕЦ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ (РАЗРАБОТАНА В 1960-1970 ГОДЫ).

В основном уплотнительная система состоит из 2 или 4 резиновых колец круглого сечения и герметизирует по-

верхности только между металлом и изолирующим кольцом. Данная система уплотнения заимствована из изолирующих фланцев (рис 1).

Недостатки

- Вследствие небольшой длины уплотнительной поверхности при использовании резиновых колец круглого сечения требуется высокое качество обработки уплотнительных поверхностей, так в соответствии с ГОСТ 9833 шероховатость поверхности должна быть не ниже Ra 2,5 (что достигается только шлифовкой и полированием).
- В статических условиях разрушение кольца происходит вследствие выдавливания в уплотнительный зазор. При этом величина допустимого уплотнительного зазора измеряется несколькими десятками долями миллиметра (см. диаграмму 1).

В связи с этим возникает ограничение: – по способности неразъемных электроизолирующих соединений выдерживать деформации конструкции при воздействии изгибающих, растягивающих нагрузок и крутящего момента; – по способности выдерживать высокие давления. Поскольку во избежание возникновения явления взрывной декомпрессии (с последующим образованием микро-

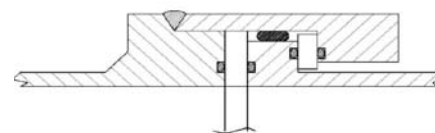


Рис. 1

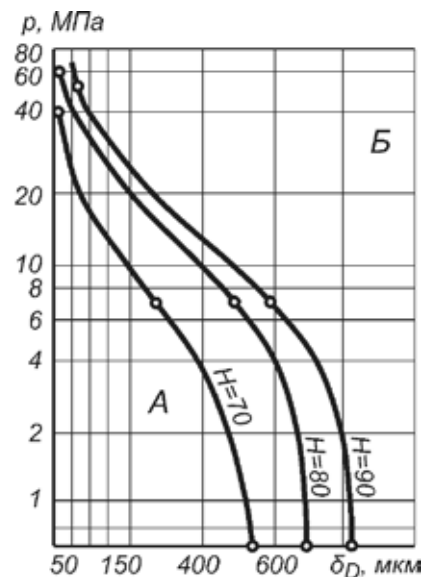


Диаграмма 1. Зависимость давления выдавливания резинового уплотнительного кольца от диаметрального зазора и твердости резины.

трещин в материале уплотнительного кольца) размеры резиновых колец круглого сечения невелики, то достаточно деформации конструкции на несколько десятых миллиметра для возникновения утечки транспортируемого

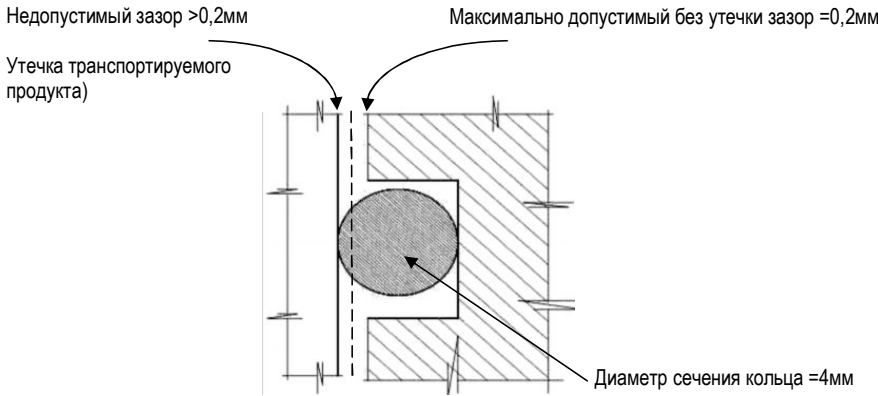


Рис. 2

VALDEL Engineers & Constructors Pvt Ltd
Project: Anand - Rajkot Gas Pipeline Project

SPR INSULATING JOINTS

IPS-M-TP-750/8

5.8 Primary and secondary sealing gaskets shall be so designed that the joint assembly complies with the mechanical and electrical requirements specified in this Standard specification. **The seal gasket must oppose the fluid's internal pressure at the same height from the two sides of the rigid insulating ring.** Sealing systems which foresee O-rings should be accepted.

6.3 The sealing gasket shall be formed in one piece of sufficient thickness.

6.4 The thickness of the spacing ring, sealing gasket and shall be such that the resistance of the joint is not as Section 7.3.2. Joints provided without a sealing gasket in the assembled joint shall have sufficient effective sealing of the joint. The gasket shall be placed cold flowing. The gasket shall be placed in ring and at least 90% of both sides of the gasket shall be in direct contact with bare metal surfaces.

SPC №: 04-E-16100

11	10	2	1	2
----	----	---	---	---

VALDEL Engineering & Constructors Pvt Ltd

Выдержки из документов, ограничивающих использование резиновых колец круглого сечения в качестве системы уплотнения.

VALDEL Engineering & Constructors Pvt Ltd
«6.3 Уплотнительная манжета должна быть изготовлена, как

единое целое и иметь поперечное сечение достаточной толщины.
6.4. ...Манжета должна быть полностью размещена внутри соединения во избежание хладотекуести. Манжета должна быть размещена как можно ближе к изолирующему кольцу и не менее 90% с обеих сторон манжеты должны находиться в непосредственном контакте с металлическими поверхностями»
IPS-M-TP-750/8

«5.8 ...Не допускается применение уплотнительной системы с использованием колец круглого сечения»
PETRONAS GAS BERHAD

«... Уплотнительная манжета (пункт 7b) должна быть изготовлена как единое целое.
... Не допускается применение соединений без уплотнительной манжеты.
... Манжета должна быть полностью размещена внутри соединения таким образом, чтобы избежать вытекания. С другой стороны манжета должна быть расположена как можно ближе к изолирующему кольцу и большая часть обеих сторон манжеты должна быть в непосредственном контакте с металлическими поверхностями...»
SNAMPROGETTI

«...Манжета должна быть полностью размещена внутри соединения во избежание хладотекуести. Манжета должна быть размещена как можно ближе к изолирующему кольцу и большая часть поверхности манжеты должна находиться в непосредственном контакте с металлическими поверхностями»

продукта (например: только 0,2 мм для резинового кольца сечением 4мм). Так, например, продольные деформации неразъемного электроизолирующего соединения Ду 400 с толщиной стенки 15 мм класса прочности К60 только за счет нагружения внутренним давлением 150 кгс/см² (без учета изгибающих нагрузок) составляют свыше 0,3 мм (рис 2).

● Небольшая длина уплотнительной поверхности, небольшое поперечное сечение и небольшие допустимые уплотнительные зазоры не позволяют гарантировать механическое уплотнение при выполнении сборочных (сварочных) операций, поскольку даже незначительные отклонения формы уплотнительных поверхностей или несоосность при сборке могут привести к разгерметизации уплотнительной системы. В случае несимметричной герметизации после сварки (поскольку конструкция соединения неразъемная) невозможно выполнить обычное исправление дефекта как в случае с фланцами (затяжкой и/или ослаблением болтов).

● В приведенной системе уплотнения контактной (уплотнительной) поверхностью является поверхность между металлом и изолирующим кольцом (как правило, изготовленным из композиционного материала, поликарбоната и т.п.), что вследствие различных физико-механических свойств материалов (коэффициентов температурного расширения, диаграмм растяжения- сжатия и др.) может привести к дополнительному увеличению уплотнительного зазора.

Для того чтобы уменьшить влияние указанных конструктивных недостатков уплотнительной системы с использованием резиновых колец круглого сечения, изготовители добавляют вторую или вспомогательную уплотнительную систему, настоящая назначение которой – устранить неэффективность основной уплотнительной системы. Хотя такое решение не устраняет целую серию проблем, связанных со снижением диэлектрических свойств неразъемных электроизолирующих

соединений, из-за проникновения транспортируемого продукта во внутреннюю полость конструкции. Все вышеизложенное подтверждается в ряде документов, запрещающих или ограничивающих использование резиновых колец при производстве неразъемных электроизолирующих соединений.

Достоинства

- Не требует специального оборудования для изготовления и сборки.
- Резиновые уплотнительные кольца широко используются в различных областях машиностроения, что обеспечивает их невысокую стоимость и стабильность поставок.

УПЛОТНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАНЖЕТ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ (РАЗРАБОТАНА В 1980-Е ГОДЫ)

Уплотнительная система представляет собой одну уплотнительную манжету прямоугольного сечения, находящуюся в предварительно сжатом состоянии между металлическими поверхностями и между металлом и поверхностью изолирующего кольца (рис 3).

Эта уплотнительная система специально разработана для неразъемных электроизолирующих соединений.

Недостатки

- Очень важно учитывать при эксплуатации действующий на электроизолирующее соединение изгибающий момент. Фактически давление воздействует на манжету в точках А и А1, что приводит к следующему:

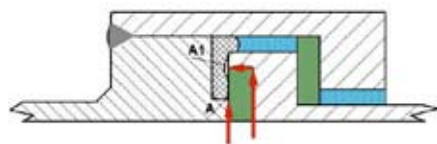


Рис. 3

- увеличение изгибающего момента приводит к возникновению гребня на уплотнительной поверхности манжеты;
- возрастают продольные растягивающие напряжения, вызванные воздей-

ствием высокого эксплуатационного давления;

– искажение поверхности манжеты в точке А1 уменьшает размер контактной уплотнительной поверхности.

● Внутреннее давление приводит к возникновению продольных напряжений, которые уменьшают предварительное сжатие манжеты, созданное при сборке электроизолирующего соединения.

● Необходимость в специальном оборудовании и формах для изготовления.

Достоинства

- Невысокая стоимость.
- Легко устанавливается при сборке.
- Вследствие увеличения длины уплотнительной поверхности и большего поперечного сечения не требует высокого качества обработки уплотнительных поверхностей и соблюдения очень точных допусков на механическую обработку.
- Уплотняемыми являются как поверхности между металлом и поверхностью изолирующего кольца, так и между металлическими поверхностями.
- Отсутствует возможность выдавливания манжеты в уплотнительный зазор.
- Отсутствует возможность возникновения взрывной декомпрессии (с последующим образованием микротрещин и разрывов в материале уплотнения), поскольку манжета находится в состоянии предварительного всестороннего сжатия и полностью окружена поверхностями уплотнительного гнезда.

УПЛОТНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (НАЧАЛО РАЗРАБОТКИ 1990-Е ГОДЫ)

Уплотнительная система разрабатывается в России и представляет собой комбинацию специальной уплотнительной манжеты, находящуюся в предварительно сжатом состоянии и резиновых уплотнительных колец круглого сечения (рис 4).

Эта уплотнительная система специально разработана для неразъемных элек-

троизолирующих соединений из композиционных материалов.

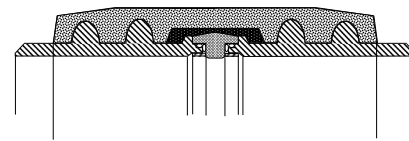


Рис. 4

Недостатки

● Необходимо специальное оборудование для изготовления и сборки второй ступени (уплотнительной манжеты).

● Для первой ступени уплотнительной системы (с резиновыми кольцами) свойственны все недостатки, указанные в системах уплотнения с применением резиновых колец круглого сечения. Для того чтобы уменьшить влияние указанных конструктивных недостатков уплотнительной системы с использованием резиновых колец круглого сечения, изготовители добавляют вторую или вспомогательную ступень уплотнительной системы, настоящее назначение которой – устранить неэффективность основной уплотнительной системы. Хотя такое решение не устраняет целую серию проблем, связанных со снижением диэлектрических свойств неразъемных электроизолирующих соединений, из-за проникновения транспортируемого продукта во внутреннюю полость конструкции.

● Применение манжеты в качестве второй ступени уплотнительной системы в конструкции неразъемного электроизолирующего соединения с композиционной силовой оболочкой имеет дополнительные ограничения, связанные со значительно большими (по сравнению с металлической силовой конструкцией) деформациями при одних и тех же значениях внутреннего давления, изгибающего и крутящего моментов, растягивающей силы. Что может приводить к разрушению манжеты, вследствие образования трещин и разрывов.

Достоинства

Для первой ступени:

- Не требует специального оборудования для изготовления и сборки.

- Резиновые уплотнительные кольца широко используются в различных областях машиностроения, что обеспечивает их невысокую стоимость и стабильность поставок.

Для второй ступени

- Вследствие большой длины уплотнительной поверхности и большого поперечного сечения не требует высокого качества обработки уплотнительных поверхностей и соблюдения очень точных допусков на механическую обработку.

U-ОБРАЗНАЯ УПЛОТНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА (РАЗРАБОТАНА В 1990-Е ГОДЫ)

Эта уплотнительная система представляет собой U-образную манжету двойного профиля, располагаемую вокруг изолирующего кольца, плотно сжатую в образованном металлическими поверхностями уплотнительном гнезде (рис 5). Эта уплотнительная система специально разработана для неразъемных электроизолирующих соединений и обычно называется Системой двойного манжетного уплотнения.

Недостатки

- Необходимо специальное оборудование для изготовления и сборки.

Достоинства

- Вследствие большой длины уплотнительной поверхности и большого поперечного сечения не требует высокого качества обработки уплотнительных поверхностей и соблюдения очень точных допусков на механическую обработку.

- Уплотняемыми являются как поверхности между

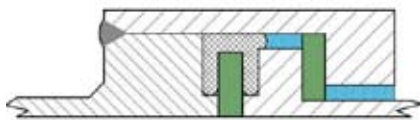


Рис. 5

металлом и поверхностью изолирующего кольца, так и между металлическими поверхностями.

- Очень длинная уплотнительная поверхность и большое поперечное сечение позволяет выдерживать значительно большие деформации конструкции (растяжение, изгиб) по сравнению с уплотнительными системами с использованием манжет прямоугольного сечения и особенно в сравнении с использованием резиновых колец круглого сечения.

- Отсутствует возможность возникновения взрывной декомпрессии, по-

скольку манжета находится в закрытом затворе и полностью окружена поверхностями уплотнительного гнезда.

Выводы

- Применение уплотнительной системы с использованием резиновых колец круглого сечения должно быть ограничено низкими давлениями, малыми диаметрами и трубопроводами, на которые не воздействуют дополнительные механические нагрузки (растяжение, сжатие, изгибающий и крутящий моменты).

- Применение уплотнительной системы с использованием манжет прямоугольного сечения должно быть ограничено средними давлениями.

- Применение уплотнительной системы для неразъемных электроизолирующих соединений из композицион-

ных материалов должно быть ограничено низкими давлениями, малыми диаметрами и трубопроводами, на которые не воздействуют дополнительные механические нагрузки (растяжение, сжатие, изгибающий и крутящий моменты)

- Отсутствуют ограничения по применению в неразъемных электроизолирующих соединениях U-образных манжет. Рекомендуется к применению в условиях высоких (до 1000 кгс/см²) давлений и повышенных внешних механических нагрузках (растяжение, сжатие, изгибающий и крутящий моменты). Способно выдерживать без разгерметизации напряжения и нагрузки аналогично основному материалу трубопровода.

ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Эксклюзивный дистрибьютор "NUOVAGIUNGAS" s.r.l. в России

ИЗОЛИРУЮЩИЕ МОНОЛИТНЫЕ МУФТЫ для систем электрохимической защиты трубопроводов

Основные технические характеристики:

- рабочее давление - до 1000 кгс/см²
- диаметр - от 15 мм до 3300 мм
- диапазон рабочих температур - от -60°C до +250°C
- электрическое сопротивление - не менее 5 МОм
- диэлектрическая прочность - не менее 5 кВ
- запатентованная высоконадежная U-образная система уплотнения
- срок службы - не менее 35 лет

Разрешены к применению Ростехнадзором и одобрены ОАО "ГАЗПРОМ"

"NUOVAGIUNGAS" s.r.l. - мировой лидер в производстве изолирующих муфт с 1965 года

ЗАО "Трубопроводные системы и технологии"
115114, г. Москва, Дербеневская наб. д. 7, стр. 6
тел./факс: (495) 647-0307 e-mail: info@pipe-stru www.pipe-stru