

The original article was published in Valve World, Volume 16, Issue 4, May 2011, p. 63. The translation of the original English article was revised by T. Sklyarova, Zavod «Znamya Truda», JSC, St. Petersburg.

Поворотные дисковые затворы для криогенных температур

Gregor Gaida, Muller co-ax ag

Вопросы работы оборудования в условиях криогенных температур становятся все более насущными, особенно вследствие постоянного роста доли сжиженного природного газа (СПГ) в мировом производстве энергии. Для управления потоками жидких криогенных сред очень часто используются поворотные дисковые затворы. В условиях сверхнизких температур до сих пор нередко применяют обычные затворы с тройным эксцентриситетом и многослойным уплотнением. В британском стандарте BS 6364 приведены методики проведения испытаний и допустимые величины утечек для криогенных условий. И хотя допустимые утечки согласно данному стандарту очень велики, измеряются галлонами в минуту, уложиться в его требования совсем не просто. Причем чем больше размер и чем ниже температура (ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$), тем труднее обычному дисковому затвору с тройным эксцентриситетом успешно пройти испытания.

Во всех технических справочниках говорится, что тепловое расширение изотропных металлических материалов имеет линейную характеристику при росте или снижении температуры. По сути, это означает, что внутренний диаметр круглого сечения остается круглым независимо от температуры и конфигурации деталей. И действительно, при высоких температурах, даже при $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, эта теория справедлива. То есть, все детали поворотных дисковых затворов при повышении температуры расширяются пропорционально, в равной степени. И хотя они увеличиваются в размерах, их конфигурация и взаимные пропорции остаются неизменными. А поскольку тепловое расширение используемых материалов практически одинаково, большинство поворотных дисковых затворов с тройным эксцентриситетом успешно проходит испытания на огнестойкость в соответствии с требованиями API 607.

К сожалению, при низких температурах вышеуказанная теория не работает. При температуре $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже усадка изотропных металлических материалов различна и зависит от профиля стенки. Измерения металлических деталей, охлажденных до температуры $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, подтверждают, что в несимметричных деталях, внутренний диаметр которых был круглым при комнатной температуре, он становится овальным при крио-



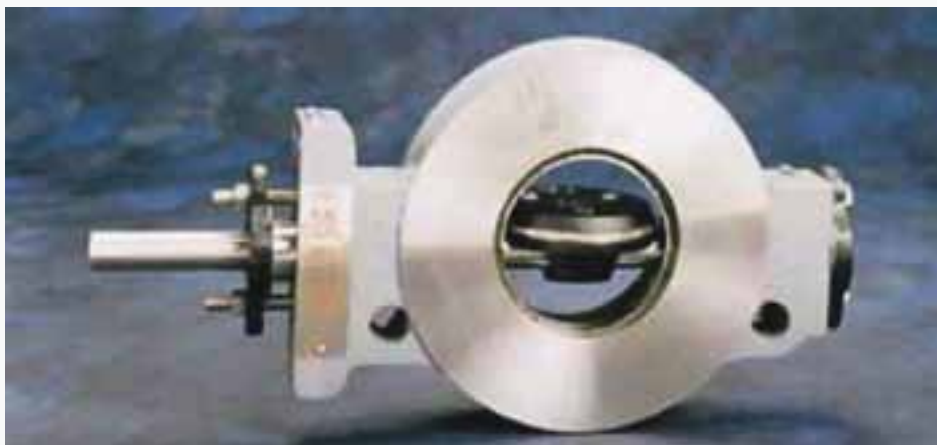
Об авторе

Доктор **Gregor Gaida** работает на фирме *muller co-ax ag*. Имеет степень магистра в области электротехники и доктора технических наук (инженер-механик). *Dr Gaida* начал свою деятельность в фирме *Alfa Laval Group*, ныне *Crane*, в 1990 г., где разработал арматуру серии *Crane*

MS Valve, до сих пор она пользуется спросом на рынке. В 1997 г. он становится техническим директором *GEMU* и разрабатывает серии *CleanStar*, *BioStar line*, электропневмопозиционеры и др. С 2001 по 2009 гг. *Dr Gaida* работал в конструкторском бюро и разработал, среди прочего, арматуру серии *Zwick TriCon*, пневмоприводы *AMG*, шаровые краны *ABK* и мембранные клапаны для особо чистых сред. С 2008 г. *Dr. Gaida* — вице-президент фирмы *muller co-ax ag*, занимается разработкой затворов серий *QUADAX* и *CRYAXX*. Является автором более 20 патентов по всему миру.

генной. В этом — основная причина того, почему поворотным дисковым затворам, особенно больших диаметров, так трудно пройти испытания на соответствие требованиям британского стандарта BS 6364.

У стандартного поворотного дискового затвора с тройным эксцентриситетом вблизи отверстия под вал сечение стенки корпуса значительно больше, и материала там содержится больше. Кроме того, корпуса всех трехэксцентриковых затворов имеют эллиптическую опорную поверхность седла, вследствие чего радиальная ширина седла вблизи отверстия под вал больше, чем



Типичный корпус поворотного дискового затвора с тройным эксцентриситетом. Неудачная конструкция диска вызывает отклонение вала. Большая разница в сечении стенок вызывает несимметричную усадку

в перпендикулярном направлении (см. рис.). Обычное уплотнительное кольцо поворотного дискового затвора с тройным эксцентриситетом круглое внутри и эллиптическое снаружи. У него, наоборот, наименьшее сечение – в области вала, а наибольшее – перпендикулярно к ней. То есть, сечение уплотнительного кольца будет наименьшим именно там, где сечение корпуса наибольшее. По причине нелинейности усадки стали при криогенной температуре усадка корпуса будет большей как раз в той области, где усадка покрытия будет наименьшей. Детали, четко подогнанные друг к другу при комнатной температуре, при криогенной температуре сопрягаться не будут.

Недавно изобретенный четырехэксцентриковый поворотный дисковый затвор QUADAX сохраняет полную герметичность при температуре $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-321\text{ }^{\circ}\text{F}$) при его испытаниях в соответствии с требованиями британского стандарта BS 6364. Эволюция трехэксцентрикового дискового затвора в четырехэксцентриковый устраняет отдельные недостатки, характерные для работы в криогенных средах. Эллиптическая опорная поверхность седла затвора с тройным эксцентриситетом «растянута» в затворе QUADAX до формы круга. Более того, седловое отверстие у него значительно больше, нежели у всех поворотных дисковых затворов с тройным эксцентриситетом, имеющих на рынке арматуры. Благодаря такой конструкции сечение стенки седла одинаково по всей окружности корпуса. Да и сам корпус затвора QUADAX оптимизирован так, чтобы получить практически круглую форму и наружной поверхности тоже. Такая конструкция позволяет сохранить одинаковую усадку однородных материалов по всему объему корпуса. А значит, конфигурация всех деталей затвора остается при криогенных температурах той же самой, и все детали сопрягаются друг с другом. Таким образом, при температуре $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-321\text{ }^{\circ}\text{F}$) можно достичь нулевых утечек.

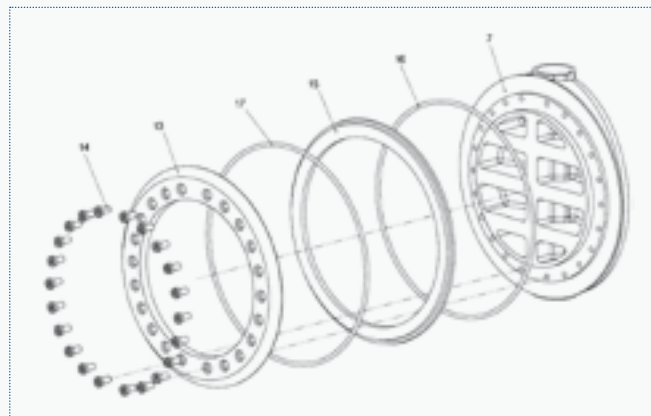
В стандартном поворотном дисковом затворе с тройным эксцентриситетом уплотнение представляет собой



Типичное уплотнительное покрытие поворотного дискового затвора с тройным эксцентриситетом. Большая разница в сечении стенок вызывает несимметричную усадку

покрытие из слоев графита и нержавеющей стали. При низкой температуре графит становится очень твердым, а значит, эластичность уплотнения в целом будет низка. Такое покрытие не сможет закрыть зазоры между седлом и уплотнением, которые с понижением температуры увеличиваются по причине вышеупомянутой разницы в усадке материалов покрытия и корпуса затвора. Вторым вариантом стандартного уплотнения поворотного дискового затвора с тройным эксцентриситетом, скорее всего, будет покрытие из слоев ПТФЭ и нержавеющей стали, которое остается эластичным даже при очень низкой

температуре. К сожалению, из-за усадки ПТФЭ, которая значительно больше, чем усадка нержавеющей стали, винты стяжного кольца могут ослабнуть, и уплотнение диска может стать негерметичным.



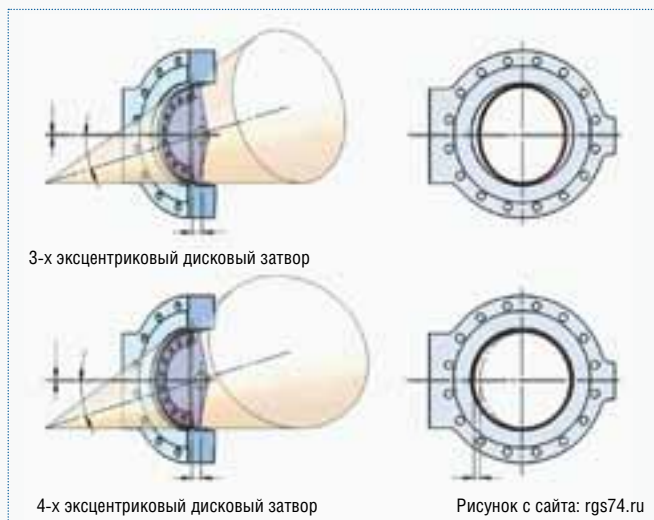
Конструкция седла четырехэксцентрикового затвора с кольцом из Инконеля. Одинаковое сечение по всей окружности обеспечивает равномерную усадку

Для таких сложных условий эксплуатации, как криогенные системы или сжиженный природный газ, затворы QUADAX снабжены уплотнительным кольцом из инконеля, выполняющим роль уплотнения в седле затвора. Поскольку конфигурация седла поворотного дискового затвора с четырьмя эксцентриситетами имеет форму круга, может использоваться стандартное кольцо из инконеля. Используемое уплотнительное кольцо из инконеля нагружено пружиной и изготовлено из материала, имеющего те же коэффициенты усадки, что и затвор в целом.



Испытание дисковых затворов QUADAX при криогенной температуре в соответствии с требованиями BS 6364. Утечек нет

В поворотном дисковом затворе с тройным эксцентриситетом уплотнение, обычно многослойное, должно выполнять несколько функций. Поворотный дисковый затвор с тройным эксцентриситетом управляется четвертьоборот-



3-х эксцентриковый дисковый затвор

4-х эксцентриковый дисковый затвор

Рисунок с сайта: rgs74.ru

Затворы дисковые трехэксцентриковый и четырехэксцентриковый. Принципы конструкции



Поворотный дисковый затвор с четырьмя эксцентриситетами QUADAX DN 42". Абсолютная герметичность в обоих направлениях подачи среды до класса давления ANSI 600

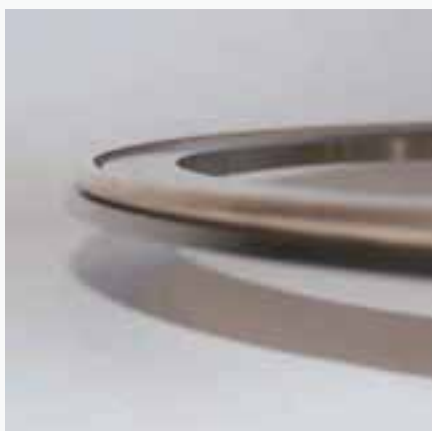


Новая конструкция диска надежно поддерживает вал и приводит к отсутствию его отклонения (смещения)

ным приводом, и уплотнение играет роль концевого выключателя для него. Уплотнение также должно выдерживать все усилия сжатия, вызываемые перепадом давления. Если под действием перепада давления изгибается вал, уплотнение должно выдерживать дополнительные усилия, действующие на диск. То есть, для конструкции уплотняющего покрытия поворотного дискового затвора с тройным эксцентриситетом необходим компромисс между эластичностью и жесткостью, чтобы выполнять обе функции: сохранять герметичность и выдерживать все действующие на него усилия сжатия.

Особенностью покрытий дисковых затворов больших размеров, рассчитанных на высокое давление, является использование все более толстых слоев нержавеющей стали и все более тонких слоев графита между ними. Уплотнение становится очень жестким, но при этом неэластичным. Как правило, в условиях эксплуатации, при которых перепад давления

ном направлении подачи среды: когда более высокое давление действует на стяжное кольцо, а не на вал со стороны диска. Поворотные дисковые затворы с четырьмя эксцентриситетами отличаются очень необычной конструкцией диска, т.е. диск увеличен практически до размеров корпуса, тогда как опорные поверхности доходят непосредственно до диска. В такой конструкции вал не изгибается, но подвержен нагрузкам подобно штифту, работающему на срез. Кроме того, диск имеет закрытую конструкцию, чтобы выдерживать любые нагрузки, не перекладывая их на вал. И если в обычном трехэксцентриковом поворотном дисковом затворе DN 24 дюйма смещение вала при перепаде давления в 20 бар составляет более чем полдюйма, то в четырехэксцентриковом отклонение вала в таких условиях измеряется несколькими тысячными дюйма.



Уплотнительное кольцо из инконеля поворотного дискового затвора с четырьмя эксцентриситетами. Основа из нержавеющей стали выдерживает любые нагрузки, мягкое уплотнительное кольцо работает только как уплотнение

Перевод Т. Склярской, ЗАО «Завод «Знамя Труда»