



Качество, надежность и долговечность

Стандарты на уплотнительные элементы из терморасширенного графита

А.П. Андреев, К.Т.Н., Б.В. Бурмистров, А.М. Поваляев, ЗАО «Фирма Союз-01»

По материалам доклада на международном совещании «Повышение технического уровня и совершенствование трубопроводной арматуры и оборудования АЭС», 27 июня – 3 июля 2008, Варштайн, Германия

Уникальное сочетание эксплуатационных свойств терморасширенного графита (ТРГ), таких как термостойкость, стабильность механических свойств и объема в течение всего срока эксплуатации, износостойкость и сопротивление экструированию, низкий коэффициент трения, химическая инертность, отсутствие токсичности и, кроме всего прочего, доступная стоимость, способствует устойчивому росту потребления уплотнений на его основе многими отраслями промышленности, в том числе арматуростроительной для атомных станций.

The article written by the specialists of one of the leading Russian companies dealing with development and manufacture of sealing materials covers the new Russian standards on expanded graphite sealing used in valve designs. The authors give the basic data from the Russian state standard and three institution standards.

The article is based on the author's report given on the international meeting devoted to technical level increasing and NPP valve improvement in Warstein (Germany), 2008, June, 27 – July, 3.

Повышенный спрос на уплотнения из ТРГ выявил необходимость разработки ряда нормативных документов, устанавливающих комплекс правил, норм и требований к техническим характеристикам уплотнений для возможности оптимального конструирования подвижных и неподвижных разъёмных соединений трубопроводной арматуры.

В настоящее время для арматуростроителей разработаны четыре нормативных документа:

Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 52376-2005 «Про-

кладки спирально-навитые термостойкие. Типы. Основные размеры»

СТ ЦКБА-Союз-Новомет-019-2006 «Арматура трубопроводная. Уплотнения на основе терморасширенного графита. Общие технические требования»

СТ ЦКБА-037-2006 «Арматура трубопроводная. Узлы сальниковые. Конструкция, основные размеры и технические требования»

СТ ЦКБА-Союз-067-2008 «Арматура трубопроводная. Прокладки спирально-навитые термостойкие для соединений «корпус-крышка». Типы, основные размеры и технические требования»

ГОСТ Р 52376-2005 (Дата введения-2006-01-01) – это совместная разработка ЗАО «Фирма Союз-01», Научно-промышленной Ассоциации арматуростроителей и Сертификационного центра НАСТХОЛ. Основным обоснованием разработки Национального стандарта на спирально-навитые прокладки (СНП) явились их технологические качества и технические параметры, подтвержденные 15-летним опытом проектирования, изготовления и эксплуатации СНП в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» (Госатомнадзор РФ) и «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (Госгортехнадзор РФ).

На предприятиях химической, нефтеперерабатывающей и газовой промышленности, на АЭС и ТЭЦ присоединение арматуры, трубопроводов, машин, приборов, аппаратов и резервуаров производится посредством фланцев, насчитывающих в диапазоне условных проходов от 10 до 3000 мм более 250 присоединительных размеров уплотнительных поверхностей, в кото-

рых ГОСТ 12816-80 предусмотрено применение 9 различных видов прокладок, на большинство из которых в настоящее время отсутствует какая-либо нормативная документация.

Целесообразность разработки ГОСТ на СНП подтверждается тем, что он обеспечивает возможность применения одного вида уплотнения – спирально-навитой термостойкой прокладки взамен металлических зубчатых, линзовых, асбометаллических прокладок и прокладок овального сечения, а в случаях наличия требований по обеспечению работоспособности фланцевых соединений в условиях пожара (см. «Требования пожарной безопасности для нефтегазового оборудования»), то и взамен эластичных прокладок из резины, паронита и фторопласта по ГОСТ 15180-86.

Разработанный стандарт устанавливает типы и основные размеры СНП для фланцевых соединений арматуры, трубопроводов и соединительных частей с уплотнительными поверхностями фланцев исполнений 1-5, 8, 9 по ГОСТ 12815-80, изготавливаемых на давление от PN 1 до 200, температуру среды от минус 253 до плюс 600 °С и с диаметром от DN 10 до 3000.

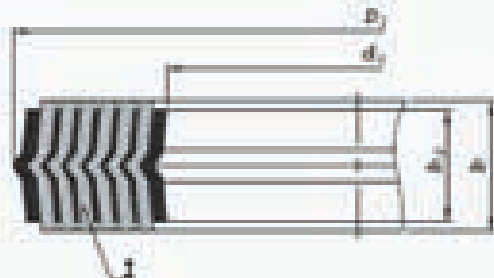
В ГОСТ предусмотрено изготовление четырех типов СНП:

- А – без ограничительных колец (*рис. 1*),
- В – с внутренним ограничительным кольцом (*рис. 2*),
- Г – с наружным ограничительным кольцом (*рис. 3*),
- Д – с наружным и внутренним ограничительными кольцами (*рис. 4*).

Указанные конструкции СНП изготавливаются нескольких исполнений по высоте каркаса, в том числе высотой 2,3; 2,8; 3,5; и 4,2, что позволяет обеспечивать собираемость фланцевых соединений с глубиной «впадины» или «паза» соответственно 3, 4, 5 мм, а при высоте каркаса 6,5 мм изготавливать СНП диаметром от 900 до 3000 мм.

Использование в качестве наполнителя терморасширенного графита позволяет применять СНП в широком

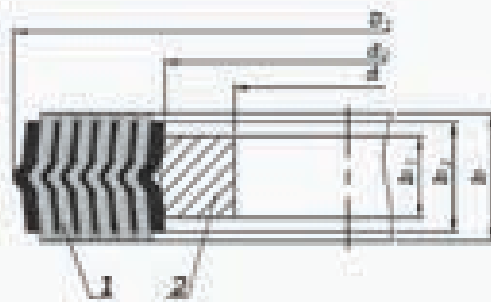
Рис. 1. СНП типа А



1 – уплотнительное кольцо*

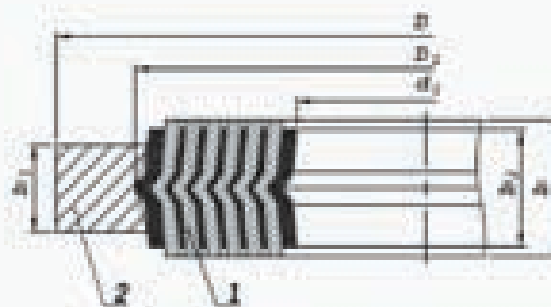
* Уплотнительное кольцо из:
– ленты терморасширенного графита плотностью 0,85-1,00 г/см³, толщиной 0,6-0,7 мм, с содержанием углерода не менее 99%, хлор-ионов не более 0,005%, серы не более 0,23% и зольностью не более 1%;
– стальной ленты, не склонной к межкристаллитной коррозии, толщиной 0,2-0,25 мм, марок 08X18H10, 08X18H10T, 08X18H9 и других марок, свойства которых не ниже перечисленных.

Рис. 2. СНП типа В



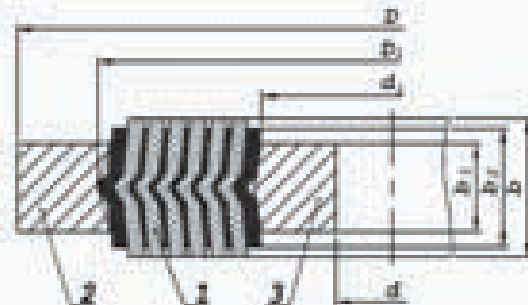
1 – уплотнительное кольцо (см. сноску к рис. 1);
2 – внутреннее ограничительное кольцо из коррозионно-стойкой стали марок 08X18H10T, 08X18H9 и других марок, свойства которых не ниже перечисленных.

Рис. 3. СНП типа Г



1 – уплотнительное кольцо (см. сноску к рис. 1);
2 – наружное ограничительное кольцо из углеродистой стали марок 20, 35, 40 или коррозионно-стойкой стали марок 08X18H10T, 08X18H9 и других марок, свойства которых не ниже перечисленных.

Рис. 4. СНП типа Д



1 – уплотнительное кольцо (см. сноску к рис. 1);
2 – наружное ограничительное кольцо из углеродистой стали марок 20, 35, 40 или коррозионно-стойкой стали марок 08X18H10T, 08X18H9 и других марок, свойства которых не ниже перечисленных;
3 – внутреннее ограничительное кольцо из коррозионно-стойкой стали, марок 08X18H10T, 08X18H9 и других марок, свойства которых не ниже перечисленных.

Таблица 1

Основные условия эксплуатации СМП		
Рабочая среда	Температура, °С	Давление, МПа (кгс/см ²), не более
Агрессивные среды: кислоты, щелочи, растворители, продукты нефтегазопереработки и др.	До плюс 500	20 (200)
Хромовая кислота (массовая концентрация 0-100 г/дм ³)	До плюс 250	
Азотная кислота (массовая концентрация 0-100 г/дм ³)	До плюс 85	
Кислород	До плюс 350	
Воздух	До плюс 550	
Неагрессивные среды: вода, пар, тяжелые нефтепродукты, сухие газы и др.	До плюс 600	

диапазоне рабочих сред, в том числе и агрессивных, при температуре от минус 253 до плюс 600 °С и давлении до 20,0 МПа (см. таблицу 1).

Стандарт СТ ЦКБА-СОЮЗ-Новомет – 019 – 2006 (Дата введения – 30.03.2006) – это совместная разработка ЗАО «НПФ «ЦКБА» и двух ведущих организаций по производству уплотнений из ТРГ – ЗАО «Фирма «Союз-01» и ЗАО «Новомет-Силур». В основу стандарта заложены знания и опыт специалистов каждого из трех предприятий, приобретенный в процессе конструирования, модернизации и эксплуатации уплотнительных узлов с применением ТРГ в составе трубопроводной арматуры для атомных станций, теплоэнергетики, нефтегазохимических производств, судостроительной промышленности и специальной техники.

В стандарте уплотнения из ТРГ подразделяются на три вида:

- уплотнения сальниковые (см. таблицу 2), предназначенные для герметизации подвижных соединений в арматуре с возвратно-поступательным, вращательным, вращательно-поступательным движением штока;
- уплотнения прокладочные (см. таблицу 3), предназначенные для герметизации неподвижных разъемных соединений арматуры и ее присоединений к трубопроводам и технологическому оборудованию;
- уплотнения «плавающей крышки» (см. таблицу 4), предназначенные для герметизации бесфланцевого разьема «корпус-крышка» арматуры.

Содержание регламентируемых примесей в фольге ТРГ и ГПМ (графитовой составляющей уплотнений ТРГ)

Таблица 2


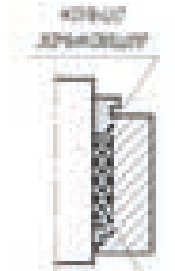
Типы сальниковых уплотнений из ТРГ					
Тип уплотнения	Конструкция уплотнения	Давление номинальное	Вид колец		Количество колец
			уплотнительных	замыкающих	
Без замыкающих колец		До PN 63 включ.	КГУ	–	4
		До PN 100 включ.	КАГУ	–	4
		До PN 100 включ.	Кольца из набивки ТРГ	–	5
С замыкающими кольцами		До PN 100 включ.	КГУ	Кольца из набивки ТРГ и УКС	КГУ – 4 ТРГ и УКС – 2
		До PN 200 включ.	КГУ	КАГУ	КГУ – 5 КАГУ – 2
		До PN 400 включ.	КГУ	Кольца слоеные ТРГ	КГУ – 6 ТРГ – 2

Таблица 3

Типы прокладочных уплотнений из ТРГ			
Тип уплотнения	Конструкция соединения	Давление номинальное	Вид прокладки
Плоскость-плоскость		До PN 40 включ.	Прокладки СНП с ограничительными кольцами, прокладки листовые ГПМ
		До PN 63 включ.	Прокладки листовые АГПМ
		До PN 100 включ.	Прокладки КАГУ, прокладки ТРГ на стальном основании
Выступ-впадина		До PN 100 включ.	Прокладки СНП, прокладки листовые ГПМ
		До PN 200 включ.	Прокладки листовые АГПМ, прокладки ТРГ на стальном основании
Плоскость-впадина		До PN 100 включ.	Прокладки СНП
		До PN 200 включ.	Прокладки листовые АГПМ, прокладки ТРГ на стальном основании
Шип-паз		До PN 200 включ.	Прокладки СНП, прокладки листовые ГПМ, прокладки ТРГ на стальном основании
		До PN 400 включ.	Прокладки листовые АГПМ
Плоскость-паз		До PN 200 включ.	Прокладки СНП, прокладки листовые АГПМ, прокладки ТРГ на стальном основании
		До PN 400 включ.	Прокладки листовые АГПМ
Замок		До PN 200 включ.	Прокладки СНП, прокладки листовые ГПМ, прокладки ТРГ на стальном основании
		До PN 400 включ.	Прокладки листовые АГПМ

Таблица 4

Типы уплотнений из ТРГ «плавающей крышки» в бесфланцевом разьеме арматуры «корпус-крышка»				
Тип уплотнения	Конструкция соединения, рисунок	Давление номинальное	Вид уплотнительных колец	Количество колец
Без обтюраторов		До PN 63 включ.	КГУ, плотностью от 1,3 до 1,5 г/см ³ ,	2
			Кольцо из набивки ТРГ	3
		До PN 100 включ.	КГУ, плотностью более 1,7 г/см ³	2
			Кольцо из набивки ТРГ с армировкой	3
С обтюраторами		До PN 400 включ.	КАГУ	2

Таблица 5

Содержание регламентируемых примесей в фольге ТРГ и ГПМ				
Наименование вида уплотнения ТРГ	Наименование показателя			
	Массовая доля углерода, %	Массовая доля золы, %	Массовая доля хлорид-ионов, <i>ppm</i>	Массовая доля серы общей, <i>ppm</i>
Прокладки	≥ 98,0	≤ 2,0	≤ 50	≤ 1000
Уплотнения «плавающей крышки»	≥ 99,5	≤ 0,5	≤ 50	≤ 1000
Прокладки и уплотнения «плавающей крышки» для арматуры АЭС с радиоактивной средой	≥ 99,8	≤ 0,2	≤ 20	≤ 1000
Сальники	≥ 99,5	≤ 0,5	≤ 50	≤ 1000
Сальники для арматуры АЭС с радиоактивной средой	≥ 99,8	≤ 0,2	≤ 20	≤ 1000

в зависимости от области применения уплотнений ТРГ указано в *таблице 5*.

Технические требования к сальниковым уплотнениям из ТРГ

– Предпочтительные размеры колец – в соответствии с РД 302-07-22-93.

– Тип колец КАГУ с обтюраторами – в соответствии с ТУ 38.314-25-6-91, ТУ 5728-001-12058737-2005.

– Тип колец КГУ – в соответствии с ТУ 38.314-25-3-91, ТУ 5728-001-12058737-2005.

– Размер сечения и тип шнура для колец из набивки УКС – в соответствии с ТУ 38.314-25-4-91, а для колец из набивки ТРГ – с ТУ 5728-001-12058737-2005.

– Допустимая разноплотность колец КГУ и КАГУ в одном сальниковом пакете должна быть не более ±0,02 г/см³.

– Значения величины осевого давления обжатия, коэффициента бокового давления, коэффициента трения сальниковых уплотнений, должны быть приведены в технической документации производителя сальниковых уплотнений.

– Для снижения адгезии и коэффициента трения на уплотнительные поверхности сальниковых колец могут быть нанесены специальные покрытия, например, нитрид бора.

Технические требования к прокладочным уплотнениям из ТРГ

– Тип и размеры листовых прокладок из материала ГПМ и АГПМ, прокладок на стальном основании – в соответствии с требованиями ТУ 5728-006-12058737-2005.

– Тип и размеры прокладок КАГУ с обтюратора-ми – в соответствии с ТУ 38.314-25-6-91, ТУ 1607.59.00, ТУ 5728-001-12058737-2005.

– Тип и размеры прокладок КГУ – в соответствии с ТУ 38.314-25-3-91, ТУ 5728-001-12058737-2005.

– Размеры и тип профиля V- или W-образный СНП – в соответствии с ГОСТ Р 52376-2005, ТУ 38.314-25-8-91, ТУ 5728-001-34877654, ТУ НРАТ.754172.003.

– Допустимая разноплотность прокладок КАГУ и КГУ в одной упаковке должна быть не более ±0,02 г/см³.

– Для выполнения расчетов на прочность и герметичность неподвижных разъемных узлов арматуры в технической документации производителя прокладочных уплотнений должны быть приведены значения следующих характеристик прокладок:

- удельной нагрузки обжатия прокладки q_0 ;
 - предельно допустимой удельной нагрузки на прокладку q_{max} ;
 - прокладочного коэффициента m ;
 - модуля продольной упругости прокладки $E_{кр}$.
- Рекомендуемые максимальные значения прокладочного коэффициента « m » и предельно допустимые значения удельных нагрузок на прокладки q_{max} приведены в *таблице 6*.

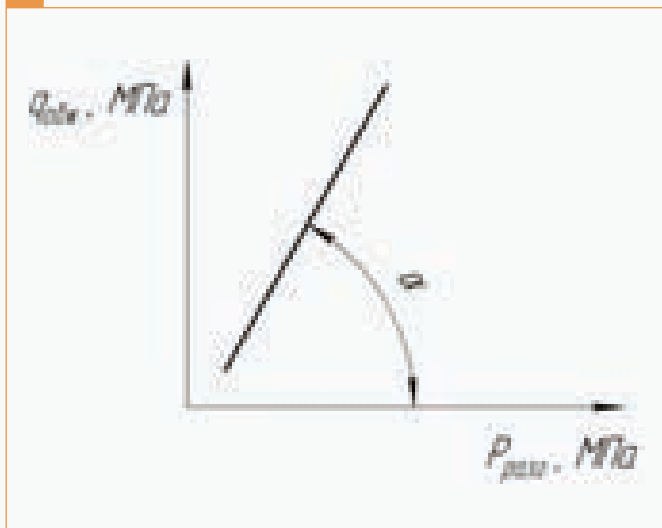
Технические требования к уплотнениям из ТРГ «плавающей крышки»

– Тип и размеры колец КАГУ с обтюраторами – в соответствии с ТУ 38.314-25-6-91, ТУ 5728-001-12058737-2005.

Таблица 6

Рекомендуемые значения « m » и q_{max}				
Тип прокладки	Прокладочный коэффициент m для рабочих сред			q_{max} , МПа
	жидкость	воздух, пар, пароводяная смесь	газы с высокой проникающей способностью: водород и др.	
Листовые прокладки ГПМ	1,5	2,0	2,5	90
Листовые прокладки АГПМ	2,0	2,5	3,0	180
Прокладки на стальном основании	2,0	3,0	4,0	150
Прокладки СНП	2,0	3,0	4,0	400
Прокладки КГУ	1,5	2,2	3,0	200
Прокладки КАГУ	1,6	2,4	3,2	200

Рис. 5.



– Тип и размеры колец КГУ – в соответствии с ТУ 38.314-25-3-91, ТУ 5728-001-12058737-2005.

– Размер сечения и тип шнура колец из набивки УКС – в соответствии с ТУ 38.314-25-4-91, а из набивки ТРГ – с ТУ 5728-001-12058737-2005.

– Усилие предварительного прессования колец из набивки УКС и ТРГ должно быть указано в технической документации производителя уплотнений.

Определение прокладочного коэффициента

Прокладочный коэффициент «*m*» определяют по результатам сравнительных испытаний на герметичность контрольной партии прокладок путем построения графика (рис. 5).

По оси абсцисс графика откладывают среднеарифметическую величину избыточного давления разгерметизации прокладок.

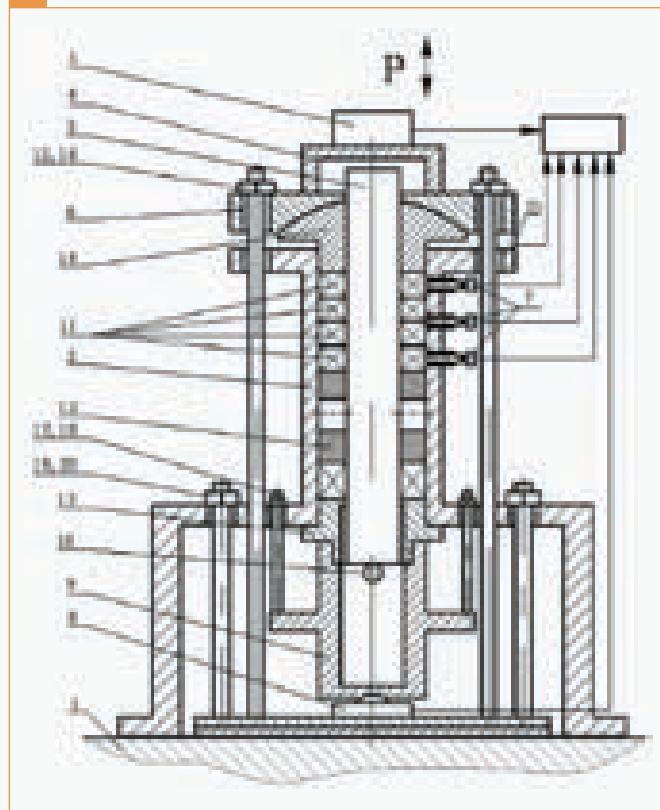
По оси ординат графика откладывают среднеарифметическую величину усилия обжатия прокладок для каждого 3-х образцов каждого типоразмера и каждого способа изготовления прокладок.

По тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс определяют прокладочный коэффициент «*m*».

Определение коэффициента бокового давления (K_B) и коэффициента трения (K_{TP}) для КГУ

Для определения K_B используется специальный стенд, принципиальная схема которого приведена на рисунке 6. Стенд позволяет определять K_B как одного кольца, так и пакета колец. Стенд состоит из основания 1, с закрепленной на нем обоймой 2, в которой расположены шток 3, исследуемые КГУ 11 и подсальниковое кольцо 13. Осевое сжатие пакета (или кольца КГУ) осуществляется через грядбуксу 14, нажимную планку 6, пята 4 и измеряется датчиком усилия 5. Радиальные усилия, передающиеся от пакета на внутреннюю стенку обоймы, измеряются тремя датчиками усилия 7, расположенными в верхней, средней и нижней части пакета. Осевое усилие, воспринима-

Рис. 6.



емое подсальниковым кольцом 13, измеряется датчиком усилия 8. Датчик 21 фиксирует перемещение планки 15 в осевом направлении. В качестве датчиков усилия применяются датчики весоизмерительные тензорезисторные серии «С» ЗАО «ТЕХНО-М».

Показания всех датчиков регистрируются в реальном времени на компьютере.

Методика определения K_B заключается в следующем.

Гайкой 17 и шпилькой 18 через втулку 9 поджимается подсальниковое кольцо 13 к обойме.

Устанавливаются исследуемый пакет КГУ 11, грядбукса 14, планка нажимная 6. При этом осевое перемещение штока 3 зафиксировано упором 10. Гайками 16 производится подвод до контакта датчика усилия 8 с нижним торцом втулки 9. Ослабляются гайки 17 и 16, чтобы не создавать помех передачи усилия, действующего на подсальниковое кольцо через втулку 9 на датчик 8.

С помощью гидравлического пресса через датчик усилия 5 (300 кН – погрешность $\pm 0,1\%$ или $\pm 0,3$ кН) создается осевое усилие ступенчато с интервалом, соответствующим осевому давлению 5 МПа. Осевое усилие, соответствующее осевому давлению от 0 до 50 МПа, выдерживается на каждой ступени в течение 10 с. При этом в компьютере регистрируются показания всех датчиков с частотой записи 5 измерений в секунду.

Таким образом измеряются:

Q – осевое усилие, действующее на верхний торец сальникового пакета, (кг);

Q_n – осевое усилие, действующее на нижний торец сальникового пакета, (кг);

$Q_{p1}; Q_{p2}; Q_{p3}$ – радиальные усилия, действующие на уровне верхнего, среднего и нижнего КГУ в зоне его наружного диаметра, (Н);

$\Delta H = H_0 - H_1$ – величина деформации пакета, где H_0 – исходная высота пакета, H_1 – высота пакета после обжатия, мм.

Извлекается упор 10.

Измеряются:

Q – осевое усилие, действующее на верхний торец сальникового пакета, (Н);

Q_{n1} – осевое усилие, действующее на нижний торец пакета КГУ (шток свободен), (кг);

$Q'_{p1}; Q'_{p2}; Q'_{p3}$ – радиальные усилия, действующие на уровне верхнего, среднего и нижнего КГУ в зоне его наружного диаметра, (Н);

ΔH , мм.

На основании полученных значений рассчитываются:

$K\beta_1 = Q'_{p1}/Q$; $K\beta_2 = Q'_{p2}/Q$; $K\beta_3 = Q'_{p3}/Q$; – коэффициент бокового давления верхнего, среднего и нижнего КГУ пакета в зоне наружного диаметра КГУ.

$F_{TP} = Q - Q_n$ – суммарная сила трения покоя от воздействия наружного диаметра пакета со стенкой камеры и внутреннего диаметра с поверхностью штока, Н;

$F_{TP1} = Q - Q_{n1}$ – сила трения покоя от воздействия только наружного диаметра пакета со стенкой камеры, Н;

$F_{TPш} = F_{TP} - F_{TP1}$ – сила трения покоя от воздействия внутреннего диаметра пакета со штоком, Н;

$K_{TP} = F_{TP1}/Q_{p1}$ – коэффициент трения покоя между наружным диаметром пакета и стенкой камеры.

Пята 4 убирается, а датчик усилия 5 жестко соединяется со штоком 3 и подвижной плитой гидропресса. Датчик перемещения 21 с пределом измерений 0-12 мм заменяется на аналогичный с пределом измерений 0-50 мм.

Гайками 17 через шпильки 18 подсальниковое кольцо жестко поджимается к обойме 2. Гайками 16 через шпильки 15 производится нагружение осевым усилием (ступенчато с интервалом, соответствующим осевому давлению 5 МПа, от 0 до 50 МПа) до значения Q_{n1} , полученных в предыдущем эксперименте. Таким образом, значение Q_{n1} будет соответствовать осевому усилию Q_i в каждой ступени. Далее производится перемещение штока вниз и вверх на 50 мм. При этом фиксируются (5 измерений в секунду) показания всех датчиков (синхронно во времени).

Измеряются:

$Q_{ш}$ – усилие перемещения штока начальное $Q_{ш0}$ и движения $Q_{шг}$, которые эквивалентны силе трения штока и КГУ, Н;

$Q_{p_{gi}}$ – радиальное усилие в 3-х точках по высоте, Н;

Q_{n1} – осевое усилие, действующее на нижний торец пакета, начальное и движения, кг.

На основе полученных данных рассчитываются:

$K_{TPш} = Q_{ш}/Q_{p_{gi}}$ – коэффициент трения движения и $K_{TPш0}$ – страгивания.

$K\beta_{ш} = Q_{p_{gi}}/Q$ – коэффициент бокового давления в зоне внутреннего диаметра КГУ и штока.

СТ ЦКБА-037-2006

(Дата введения – 1.07.2007)

Стандарт распространяется на сальниковые узлы трубопроводной арматуры, работающей при давлении до 40 МПа и температуре от минус 80 до плюс 565 °С, и устанавливает конструкцию, основные размеры и технические требования для колец из фторопласта-4, Ф-4К20, ФУМ, ПФС, асбеста, а также для уплотнений из терморасширенного графита по СТ ЦКБА-Союз-Новомет-019-2006, жидкометаллических по РД РТМ 26-07-252-82 (с применением ТРГ) и замораживающих по РД РТМ 26-07-234-89 (с применением ТРГ).

Стандарт СТ ЦКБА-СОЮЗ – 067 – 2008 (Дата введения – 2008 г.)

– это совместная разработка ЗАО «НПФ «ЦКБА» и ЗАО «Фирма «Союз-01». Стандарт устанавливает типы и размеры спирально-навитых термостойких прокладок, применяемых для уплотнения неподвижных разъемных соединений «корпус-крышка» в трубопроводной арматуре, работающей на жидких и газообразных средах с давлением от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см²) и температурой рабочей среды от минус 253 до плюс 600 °С.

Расчетные характеристики СМП

Прокладочный коэффициент «m»:

- для воды, пароводяной смеси и жидких агрессивных сред – 1,5;
- для воздуха, пара и газообразных агрессивных сред – 2,5;
- для газов с высокой проникающей способностью: водород и др. – 4,0.

Удельная нагрузка на прокладку при обжатии, q_0 – 50 МПа.

Удельная нагрузка на прокладку максимально допустимая, q_{max} :

- без ограничения обжатия – 150 МПа;
- с ограничением обжатия – 400 МПа.

Удельная нагрузка на прокладку минимальная q_{min} – 30 МПа.

Модуль продольной упругости E_{pr} – 5000 МПа.

Рис. 7. Порядок затяжки болтов (шпилек) во фланцевом соединении



Расчет соединений с СНП на прочность и герметичность производится по ПНАЭ Г-7-002-86 и другим нормам расчета, утвержденным в установленном порядке.

Требования к монтажу СНП

Сборка фланцевых соединений с СНП должна производиться посредством динамометрических ключей расчетным крутящим моментом.

Допускаются к применению динамометрические ключи всех конструкций, имеющихся на предприятии, обеспечивающих затяжку соединений в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Затяжку болтов фланцевых соединений с СНП следует производить «крест на крест» в три этапа: 50%, 80% и 100% крутящего момента на ключе с использованием рекомендуемого на *рисунке 7* порядка затяжки болтов (шпилек).

Для осуществления дополнительного контроля за качеством затяжки соединений с СНП рекомендуется через 24 часа после монтажа проверить крутящий момент и, в

случае необходимости, выполнить подтяжку крепежа до расчетного значения.

Показатели надежности СНП

Средний срок службы – 12 лет.

Средний срок сохраняемости – без ограничения.

Назначенный срок службы – 10 лет.

Характеристики рабочих сред для СНП арматуры АЭС:

- рабочая среда – согласно приложению 1 НП-068-05 с температурой $T_p = 550$ °С, давлением до $P_p = 25,0$ МПа;
- режимы изменения параметров рабочей среды – согласно приложению 5 НП-068-05;
- дезактивирующие растворы – согласно приложению 7 НП-068-05;
- параметры окружающей среды – согласно разделу 2.4 НП-068-05;
- интегральная доза радиационного воздействия – до $4 \cdot 10^7$ рад;
- параметры сейсмического воздействия согласно разделу 2.5 НП-068-05.