

Первый совместный стандарт на современные уплотнительные элементы из терморасширенного графита для трубопроводной арматуры

А.П. Андреев, к.т.н., Б.В. Бурмистров, (ЗАО «Фирма «Союз-01»),
А.К. Матушак, О.И. Федоров, (ЗАО «НПФ «ЦКБА»),
О.Ю. Исаев, М.Ю. Белова, (ЗАО «Новомет-Пермь»)

Терморасширенный графит (ТРГ). *Синонимы: пенографит, гибкий (flexible), эластичный, расширенный (expanded), экспандированный; вермикулированный. Интеркалированный графит, подвергнутый термообработке при температуре от 900 °С до 1500 °С. Интеркалированный графит. Синонимы: окисленный графит, acidic graphite. Соединение, получаемое внедрением в межслоевое пространство кристаллической решетки графита серной кислоты или других агентов в присутствии окислителя (перекиси водорода, бихромата калия др.)* — так начинается раздел «Термины и определения» впервые совместно разработанного стандарта СТ ЦКБА-СОЮЗ-Новомет-019-2006 «Арматура трубопроводная. Уплотнения на ос-

нове терморасширенного графита. Общие технические требования» и именно так называется этот удивительный материал, который сегодня, благодаря сочетанию своих положительных качеств, может помочь решить любые задачи арматуростроения, связанные с герметизацией подвижных и неподвижных соединений.

Стандарт СТ ЦКБА-СОЮЗ-Новомет-019-2006 — это совместная разработка ЗАО «НПФ «ЦКБА» и двух ведущих организаций по производству уплотнений ТРГ ЗАО «Фирма «Союз-01» и ЗАО «Новомет-Пермь». В основу стандарта заложены знания и опыт специалистов каждого из трех предприятий, приобретенный в течение более 15 лет в процессе конструирования,

Таблица 1

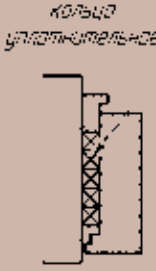
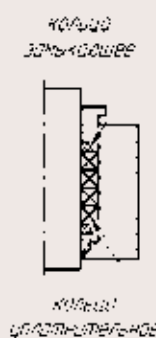
Типы сальниковых уплотнений ТРГ					
Тип уплотнения	Конструкция уплотнения	Давление номинальное	Вид колец		Количество колец
			уплотнительных	замыкающих	
Без замыкающих колец		До PN 63 включ.	КГУ	—	4
		До PN 100 включ.	КАГУ	—	4
		До PN 100 включ.	Кольца из набивки ТРГ	—	4
С замыкающими кольцами		До PN 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 2

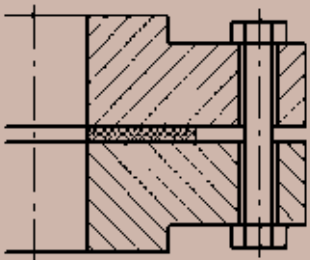
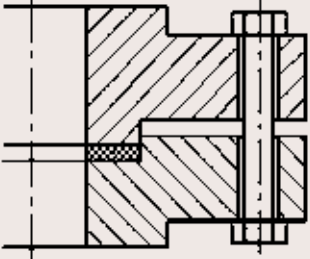
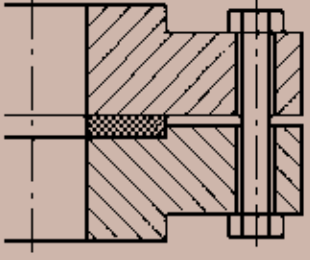
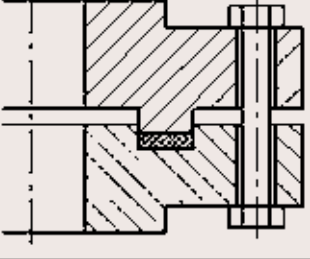
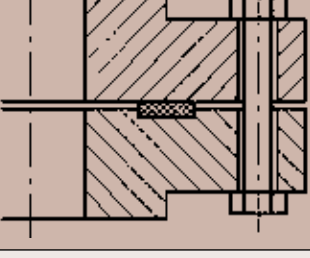
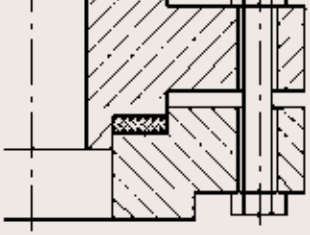
Типы прокладочных уплотнений ТРГ			
Тип уплотнения	Конструкция соединения	Давление номинальное	Вид прокладки
Плоскость-плоскость		До PN 40 включ.	Прокладки СНП с ограничительными кольцами, прокладки листовые ГПМ
		До PN 63 включ.	Прокладки листовые АГПМ
		До PN 100 включ.	Прокладки КАГУ, прокладки ТРГ 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 3

Типы уплотнений ТРГ «плавающей крышки» в бесфланцевом разьеме «корпус-крышка» арматуры				
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

модернизации и эксплуатации уплотнительных узлов с применением ТРГ в составе трубопроводной арматуры и другого оборудования для атомных станций, теплоэнергетики, нефтегазохимических производств, судостроительной промышленности и специальной техники.

Стандарт состоит из шести Разделов и 9 Приложений, некоторые выдержки из которых мы представляем Вам ниже.

В стандарте уплотнения ТРГ подразделяются на три вида:

– уплотнения сальниковые (См. Табл. 1), предназначенные для герметизации подвижных соединений в ар-

матуре с возвратно-поступательным, вращательным, вращательно-поступательным движением штока;

– уплотнения прокладочные (См. табл. 2), предназначенные для герметизации неподвижных разъемных соединений арматуры и ее присоединений к трубопроводам и технологическому оборудованию;

– уплотнения «плавающей крышки» (См. табл. 3), предназначенные для герметизации бесфланцевого разьема «корпус-крышка» арматуры.

Содержание регламентируемых примесей в фольге ТРГ и ГПМ (графитовой составляющей уплотнений ТРГ) в зависимости от области применения уплотнений ТРГ, указаны в таблице 4.

Таблица 4

Содержание регламентируемых примесей в фольге ТРГ и ГПМ				
Наименование вида уплотнения ТРГ	Наименование показателя			
	Массовая доля углерода, %	Массовая доля золы, %	Массовая доля хлорид-ионов, ppm	Массовая доля серы общей, ppm
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 стандарте оговорены условия по предотвращению коррозионного поражения уплотняемых деталей.

Технические требования к сальниковым уплотнениям 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 $\pm 0,02$ г/см³.

ческой 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 5*.

Таблица 5

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

● 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 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 обтюраторами – 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 $\pm 0,02$ г/см³.
- Для выполнения расчетов на прочность и герметичность неподвижных разъемных узлов арматуры в техни-

Технические требования к уплотнениям ТРГ «плавающей крышки»:

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

● 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.

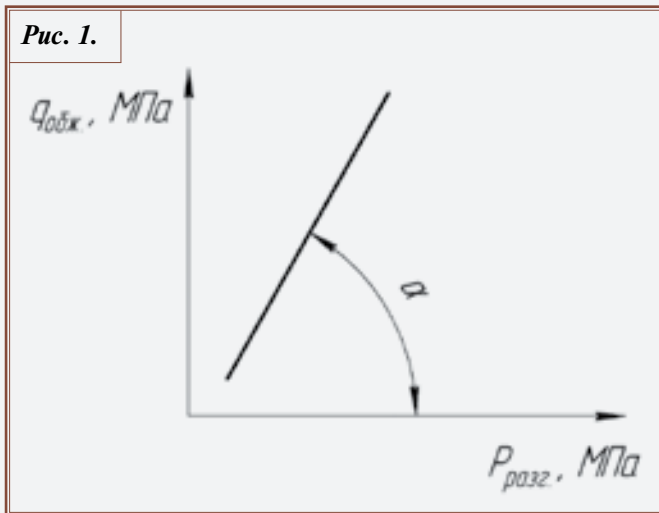
Определение прокладочного коэффициента

Прокладочный коэффициент « m » определяют по результатам сравнительных испытаний на герметичность контрольной партии прокладок путем построения графика (*Рис. 1*).

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.

Рис. 1.

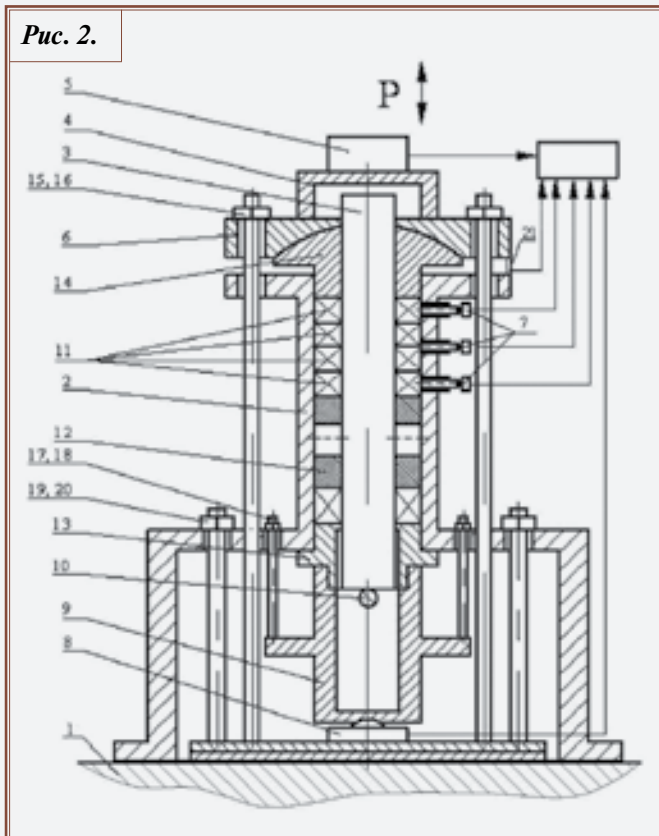


По тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс определяют прокладочный коэффициент « m ».

Определение коэффициента бокового давления (K_b) и коэффициента трения (K_{mp}) для КГУ

Для определения K_b используется специальный стенд, принципиальная схема которого приведена на рисунке 2, 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 грундбуксу 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, сред-

Рис. 2.



ней и нижней части пакета. Осевое усилие, воспринимаемое 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.

Устанавливается исследуемый пакет КГУ 11, грундбукса 14, планка нажимная 6. При этом осевое перемещение штока 3 зафиксировано упором 10. Гайками 16 производится подвод до контакта датчика усилия 8 к нижнему торцу втулки 9. Ослабляются гайки 17 и 16, чтобы не создавать помех передачи усилия воздействующего 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, Н;

Q_H – осевое усилие, действующее на нижний торец сальникового пакета, Н;

$Q_R; Q_B; Q_B$ – 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_H – осевое усилие, действующее на нижний торец пакета КГУ (шток свободен), Н;

$Q_R; Q_B; Q_B$ – радиальные усилия, действующие на уровне верхнего, среднего и нижнего КГУ в зоне его наружного диаметра, Н;

ΔH , мм.

На основании полученных значений рассчитываются:

$$K_{b1} = \frac{Q'_R}{Q}; K_{b2} = \frac{Q'_B}{Q}; K_{b3} = \frac{Q'_B}{Q}$$

– коэффициенты бокового давления верхнего, среднего и нижнего КГУ пакета в зоне наружного диаметра КГУ.

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

$F_{TR} = Q - Q_{H_1}$ – сила трения покоя от воздействия только наружного диаметра пакета со стенкой камеры, Н;

$F_{TR_{ш}} = F_{TR} - F_{TR_1}$ – сила трения покоя от воздействия внутреннего диаметра пакета со штоком, Н;

$K_{TR} = \frac{F_{TR_1}}{Q_P}$ – 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_{H_1} , полученного в предыдущем эксперименте. Таким образом, значение Q_{H_1} 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 $Q_{ш_0}$ и движения $Q_{ш_d}$, которые эквивалентны силе трения штока и КГУ, Н;

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

Q_{H_1} – осевое усилие, действующее на нижний торец пакета, начальное и движения, Н.

На основе полученных данных рассчитывается:

$K_{TR_{ш}} = \frac{Q_{ш}}{Q_{P_d}}$ – коэффициенты трения движения и

$K_{TR_{ш_0}}$ – страгивания.

$K_{\sigma_w} = \frac{Q_{P_d}}{Q}$ – коэффициент бокового давления в зоне внутреннего диаметра КГУ и штока.

Заказать СТ ЦКБА-СОЮЗ-НОВОМЕТ-019-2006 «Арматура трубопроводная. Уплотнения на основе терморасширенного графита. Общие технические требования» можно по факсу (812) 331-27-52 или по электронной почте ckba121@ckba.ru.