

**О.Ю. Исаев**, генеральный директор ООО «Силур»; **В.А. Холкин**, ведущий специалист ООО «Силур»;  
**А.Б. Лаховский**, директор по маркетингу и развитию АО «Научно-исследовательский институт лопастных машин»

» О том, что причиной любой аварии, связанной с разгерметизацией фланцевых соединений, является цепь случайных отклонений и ошибок в проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации мы писали в статье «Эффект синергии, или зачем нужна волновая прокладка», опубликованной в журнале «Нефть и газ Сибири», №4 за 2015 год. Приведенные в статье примеры эксплуатационных характеристик прокладок различных типов и конструкций в условиях отклонения от норм показывают существенные различия в способности выполнять функцию герметизации, например, при неплоскостности фланцев или других отклонениях.

Способность компенсировать некоторые из описанных в упомянутой статье отклонений приведена в представленной **табл. 1**. Но как механи-

ку на практике проверить допустимые отклонения состояния фланцев для разных прокладок?

На прошедшем в июне 2016 г. в Москве III Международном Форуме Valve Industry Forum & Expo '2016 пермская компания «Силур» продемонстрировала мобильный испытательный стенд СИГ-М-400 на давление до 40 МПа, оснащенный фланцами DN 2", PN 2500 Class «соединительный выступ», выполненными по стандарту ASME B16.5. Стенд предназначен для работы в автономном режиме без подключения к системам водоснабжения и канализации, потребляемая мощность электрооборудования не более 500 Вт.

На сайте организаторов Форума заблаговременно было размещено приглашение для всех производителей и потребителей мягких про-

кладочных материалов провести сравнительные испытания производимой или потребляемой продукции в условиях штатного монтажа прокладок и монтажа с перекосом фланцев. К сожалению, никто не откликнулся на данное предложение, и организаторами Форума было принято решение провести сравнительные испытания трех пар прокладок, собранных, так сказать, «с миру по нитке»:

- Графитовых прокладок производства ООО «Силур», армированных перфорированной нержавеющей фольгой марки ПУТГ, и прокладок на волновом основании с вторичной волной марки ПУТГм-098;
- Прокладок из отечественного паронита ПМБ и безасбестового паронита известного европейского производителя;
- Прокладок из китайского листового фторопласта и фторопласта

Таблица 1.

Свойства	Волновая	Зубчатая	СНП	ПУТГ	Паронит безасбестовый
Сохранение герметичности (мм), на P=4,0 МПа при раскрытии фланцев (мм)	0,13	0,045	0,075	0,08	0,095
Диапазон обжатия, при котором прокладка находится в рабочем состоянии (%)	20 ÷ 50	6,5 ÷ 12,5	20 ÷ 30	20 ÷ 50	10 ÷ 15
Компенсация перекосов и неплоскостности фланцев (мм) для прокладок с начальной толщиной 4,0 мм	1,3	0,3	0,45	1,2	0,32
Компенсация дефектов поверхности, царапин и забоины на фланцах (мм)	0,7	0,2	0,2	1,0	0,2

знаменитой фирмы "GORE", представленного московской компанией «СЕРВИС ВОДОЛЕЯ».

Согласно нормативным документам – ГОСТ, ТУ, рекламный проспект – все испытываемые прокладки предназначены для эксплуатации при давлении до 20 МПа. Размер мягких прокладок – 143×60 - 3,0. Размер волновой прокладки ПУТГм-098 – 143×94×56 - 3,0. Параметры испытаний: давление испытания – 32 МПа; среда – вода; время выдержки под давлением – 10 мин.

При испытании в стандартных условиях (без перекоса):

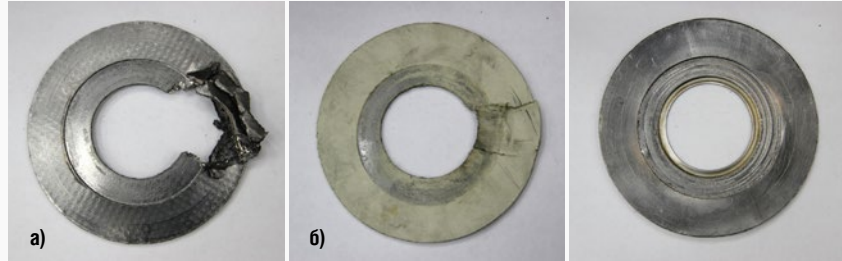
все шпильки затягивались моментом  $M_{зат} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$  в три прохода, обеспечивая при каждом проходе 30, 60 и 100% от  $M_{зат}$  и повторный контрольный проход расчетным моментом затяжки.

Момент затяжки при испытании с перекосом:

- Две соседние шпильки на  $M_{зат} = 200 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , обеспечивающие максимальное сжатие данного края прокладки;
- Остальные шпильки на  $M_{зат} = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$  до зажатия соответствующего упора, расположенного в диаметрально противоположной стороне от первых двух шпилек. В данном случае обеспечивалось минимальное обжатие соответствующего края прокладки.

Упоры обеспечивают расчетные величины перекосов в месте установки прокладки:

- Для ПУТГ-2-212 и ПУТГм-098 – 1,25 мм;



**Рис. 1:**  
а – Прокладка ПУТГ-2-212; б – Прокладка из безасбестового паронита европейского производителя

**Рис. 2.** Прокладка ПУТГм-098 (с вторичной волной по внутреннему диаметру прокладки)

- Для паронитовых прокладок – 0,47 мм;
- Для фторопластовых прокладок – 0,47 мм.

Результаты испытаний приведены в **табл. 2** (*примечание:* разрушение всех прокладок происходит идентично – с вырывом сегмента прокладки, см. **рис. 1 а, б**).

Анализируя результаты испытаний, можно сделать несколько интересных выводов:

1. Графитовые прокладки могут работать в большем диапазоне перекосов, в сравнении с паронитовыми – за счет большей сжимаемости; в сравнении с фторопластовыми – за счет большего коэффициента трения.
2. Недорогой отечественный асбестовый паронит, произведенный по ГОСТ 481-80, обладает существенно лучшими эксплуатационными свойствами в сравнении с дорогим импортным. И если кто-то думает, что преимущество импортных безасбестовых паронитов в долговечности и повышенной температуре эксплуатации, – разочарую. Связующее

всех паронитов – синтетический каучук – также подвержен старению и твердеет до «каменного» состояния при 250 °С.

3. Дорогой фторопласт от фирмы «GORE» стоит своих денег и там, где может работать только фторопласт, лучше не экономить.
4. Наличие прочного, но при этом гибкого основания существенно расширяет диапазон отклонений эксплуатационных параметров при использовании волновой прокладки. И, что нужно отметить, волновая прокладка единственная из испытываемых не разрушилась и сохранила герметичность при снижении давления (**рис. 2**). Ну чем не сбросной клапан?
5. Испытательный стенд СИГ-М-400 прекрасно справился с задачей испытания прокладок в различных условиях эксплуатации и может быть рекомендован всем желающим для проверки качества прокладок «здесь и сейчас» – в ремонтном цехе крупного нефтеперерабатывающего завода либо в передвижном вагончике сибирской стройки.

**Таблица 2.** Результаты сравнительных испытаний прокладок из различных материалов на герметичность

Материал прокладки	Стандартные условия	С перекосом	
	Результат	Величина перекоса в месте установки прокладки, мм	Результат
ПУТГ-2-212	Герметично 32 МПа	1,25	Разрушение на давлении 22 МПа
ПУТГм-098 (с вторичной волной по внутреннему диаметру прокладки)	Герметично 32 МПа	1,25	Протечка на давлении 24,0 МПа Протечка прекратилась при давлении 19,5 МПа
Паронит ПМБ	Герметично 32 МПа	0,47	Разрушение на давлении 18 МПа
Безасбестовый паронит европейского производителя	Герметично 32 МПа	0,47	Разрушение на давлении 8 МПа
Листовой фторопласт китайский	Разрушение на 27 МПа	0,47	Разрушение на давлении 6 МПа
Листовой фторопласт фирмы «GORE»	Герметично 32 МПа	0,47	Разрушение на давлении 15 МПа