

# Эффект синергии, или Зачем нужна волновая прокладка

О. Ю. ИСАЕВ, И. Б. НЕЧАЕВА

## ФАКТОРЫ, СНИЖАЮЩИЕ НАДЁЖНОСТЬ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ:

- Ошибки в проектировании
- Отклонения от требований техдокументации при изготовлении
- Закупки крепежа ненадлежащего качества
- Неправильный монтаж и затяжка прокладок
- Некачественная или невовремя проведённая диагностика
- Неправильная эксплуатация оборудования

Указанные в таблице 1 характеристики получены при проведении сравнительных испытаний и могут отличаться от приведённых в нормативных документах. Автор готов предоставить дополнительные материалы, подтверждающие данные характеристики.

Волновая – прокладка из ТРГ (терморасширенного графита) на волновом основании

Зубчатая – прокладка из ТРГ на зубчатом основании

СНП – прокладка из ТРГ спирально-навитая

ПУТГ – прокладка из ТРГ, армированная перфорированной фольгой

Каждый из вышеперечисленных факторов снижения надёжности фланцевого соединения очевиден, понятен и не требует подробного объяснения. Любой специалист назовёт ещё несколько условий, при которых надёжность фланцевого соединения будет снижена. Но, как правило, незначительные отклонения от норм одного параметра не несут фатального характера, и только совокупность, цепочка таких отклонений может привести к аварии.

При этом прямое исправление ошибочных решений зачастую слишком дорого или попросту невозможно.

Применение волновой прокладки ТРГ, разработанной и активно внедряемой специалистами ООО «Силур», позволяет разорвать эту фатальную цепочку и снизить риск возникновения аварии.

У всех применяемых в настоящее время прокладок и прокладочных материалов есть бесспорные преимущества, но есть и недостатки. Основные из них представлены в таблице 1 и графиках 1, 2.

Таблица 1

Свойства	Волновая	Зубчатая	СНП	ПУТГ	Паронит безасбестовый
Температура эксплуатации, °С	-260 до +500	-260 до +500	-260 до +500	-260 до +500	-40 до +260
Максимальное давление эксплуатации, МПа (рекомендуемое)	20	40	20	10	10
Min удельное давление на прокладку, МПа	10	70	69	10	20
Max допустимое удельное давление на прокладку для толщины 4,0 мм, МПа	200	225	400 (при наличии ограничений)	100	100
Конечная толщина прокладки (мм) после обжатия при начальной толщине 4,0 мм (сжимаемость уплотнений при удельном давлении 35 МПа)	2,6 (35%)	3,5 (12,5%)	3,4 (15%)	2,4 (40%)	3,4 (15%)
Восстанавливаемость прокладки (мм/%), начальной толщиной 4,0 мм после снятия нагрузки 35 МПа	0,3 (20%)	0,075 (15%)	0,15 (25%)	0,24 (15%)	0,2 (33%)
Сохранение герметичности на P=4,0 МПа, при раскрытии фланцев (мм) (график 2)	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
Транспортировочная и монтажная прочность прокладок больших диаметров (>1000 мм)	+++	+++	+	+	+++
Сильная сторона уплотнений	Лучший набор эксплуатационных характеристик прокладки	Способность работать на высоких давлениях	Наличие современных нормативных документов	Многообразие конструкций, позволяющих решать нестандартные задачи	Удобство изготовления на месте из листового материала
Слабая сторона уплотнения	Недостаточно информации о прокладке в открытых источниках	Высокие требования к подготовке поверхностей	Низкая монтажная и эксплуатационная прочность	Недостаточная механическая прочность	Использование материала создаёт аварийные ситуации

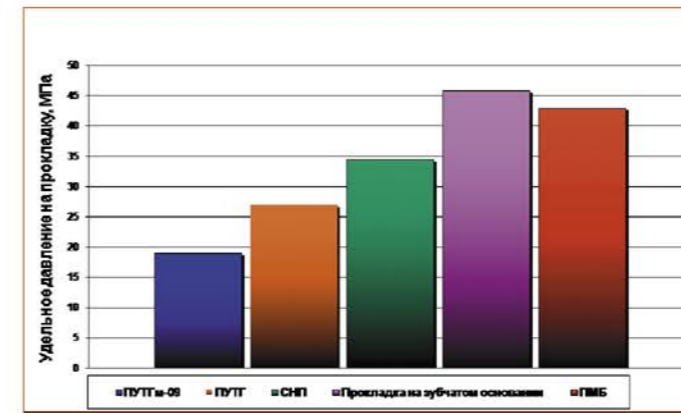


График 1. Удельное давление на прокладку, обеспечивающее герметичность при давлении среды 160 атм

Из таблицы и графиков видно, что некоторые характеристики волновой прокладки уступают альтернативным уплотнениям, но в совокупности они дают результат больший, чем просто сумма вклада каждого из них (синергетический эффект). И, что самое главное – максимально эти свойства проявляются в условиях нештатного состояния фланцевого соединения, т.е. тогда, когда создаются условия для его разгерметизации.

Но есть ещё одно дополнительное свойство, которое может быть реализовано только на волновой прокладке, – вторичное уплотнение, позволяющее предотвратить массовый выброс уплотняемой среды при разрушении основного уплотнения. Одна или несколько более высоких волн стального основания, не плакированных уплотнительным материалом, упруго поджимаемых к поверхности фланцев при обжатии, создают дополнительный барьер среде при разрушении основного уплотнения.

Существует мнение, что достаточно качественно выполнить все этапы создания оборудования и от уплотнения не потребуются такой универсальности, поэтому волновую прокладку целесообразно применять только тогда, когда все другие варианты исчерпаны. Но если рассматривать работу фланцевого соединения в долгосрочной перспективе, то как бы качественно это соединение ни было изготовлено, при длительной эксплуатации на высоких температурах отклонения от плоскостности будут достигать всё больших и больших величин, для достижения герметичности на традиционных прокладках потребуются всё большие усилия затяжки, что будет провоцировать ещё большие коробления фланцев. Волновая прокладка, являясь своеобразным демпфером, смягчит воздействие избыточных напряжений, и фланцы сохранят первоначальную геометрию в течение всего срока эксплуатации.

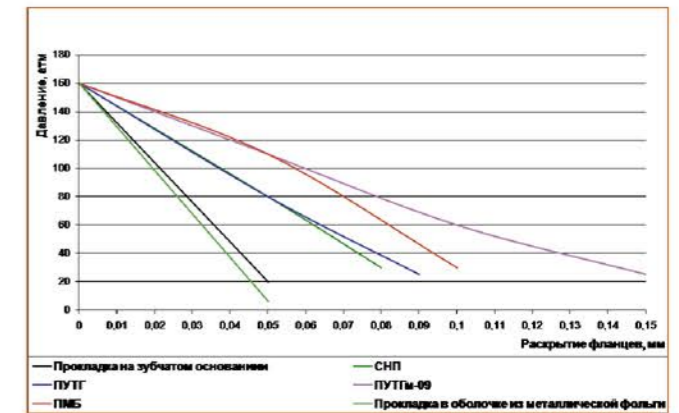


График 2. Зависимость начала протечки от давления и величины раскрытия фланцев для разных типов прокладок

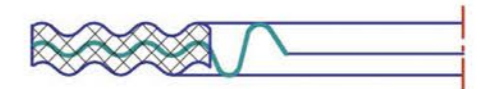


Рис.1. Схематичное изображение прокладки волновой со вторичным уплотнением в разрезе

И ещё один немаловажный аргумент в пользу волновой прокладки – она дешевле большинства стандартных прокладок, и её применение уже на стадии закупки экономически выгодно, а если учесть минимальный срок изготовления – её использование становится незаменимым.

Сегодня мы имеем настолько большой опыт применения волновых прокладок в различных условиях эксплуатации, и её применение уже не замечать его просто невозможно. Считаем, что настало время активной внедрять волновые прокладки не только в процессе ремонта эксплуатируемого оборудования, но и при изготовлении нового.

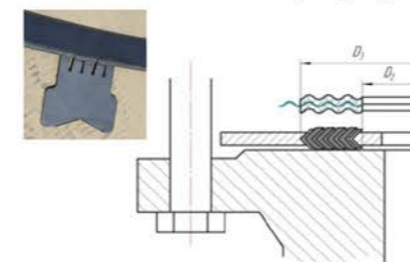
## ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

**ООО «Тобольск Полимер».**  
Производство дегидрирования пропана, установка компримирования  
Ду 4100, Ру 2,5 МПа, гладкий фланец  
Т экс = 670°С. Среда: водород 99,9  
Р экс = 0,6 МПа; Рисп = 2,8 МПа



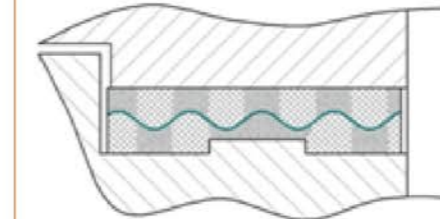
Разработана технология сборки и упаковки для отправки в свернутом виде

**В проекте:**  
СНП-Д-4272x4160x4110x4080-4,5  
**Решение ООО «Силур»:**  
ПУТГм-09-Н-01-4160x4110-4,5-И(Н14)



Требование компании UOP – расположить уплотнительную часть в месте СНП, чтобы не пересекать фланец навыворот.

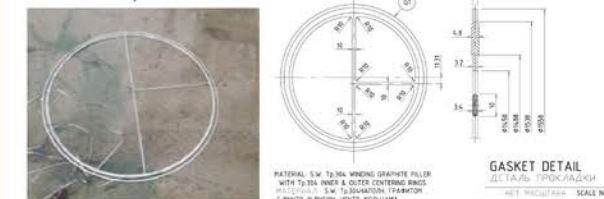
**ООО «Курганхиммаш»**  
**Параметры применения:**  
Среда: горячий газ/ холодный газ  
Т экс = 0,5°С...60°С  
Т экс = 8,5 МПа, Р исп = 11,2 МПа  
**В проекте:**  
ПУТГ-2-212-04-1190x1160-3,0  
**Решение ООО «Силур»:**  
ПУТГм-Е-095-01-1192x1158-3,5-202



Шип на уплотнительной поверхности плавлогловки теплообменника перерезает мягкие уплотнения. На зубчатых и завальцованных работает только поверхность под шипом. Волновая прокладка под шипом имеет степень обжатия 50%, по остальной поверхности – 20%. Эффективна вся ширина прокладки. Крепление прокладки за счёт выступающего мягкого графита «в натяг» на выступ трубной доски или впадину крышки.

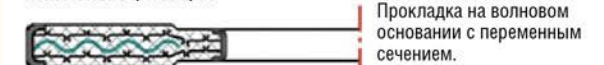
**ОАО «Газпромнефть – Московский НПЗ»**  
Установка гидроочистки бензина каталитического крекинга (ГОбКК)

**Параметры применения:**  
Среда: бензин  
Т экс = 300°С  
Р экс = 28,6 кг/см<sup>2</sup>  
Р исп. = 41,3 кг/см<sup>2</sup>



Низкая монтажная прочность импортных прокладок – возможность замены на альтернативные в гарантийный период

**В проекте:**  
СНП-Д-3-1558x1538x1488x1450-4,5  
**Решение ООО «Силур»:**  
ПУТГм-092-04-1560x1450-4,5 (черт.) с креплением на вертикальных фланцах



Рабочая часть прокладки в виде плакированной волны имеет расчётную ширину, выступающий элемент из графита защищает фланец от отложения среды и коррозии. Плакировка волнового основания армированным материалом позволяет увеличить толщину без уменьшения допустимого удельного давления на прокладку.



ПЕРМСКИЙ КРАЙ Г. ПЕРМЬ  
УЛ. 1905 ГОДА, 35  
ТЕЛ: (342) 270-05-99