

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кафедра «Паротурбинные установки»

ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ АЭС

Учебное пособие

Севастополь
СевГУ
2022

УДК 621.311.25.002.5:621.643.412.1 (075.8)
ББК 31.470.5я73
Ф69

Рецензенты:
А.А. Скидан - канд. техн. наук

Коллектив авторов:
Е.В. Глушкова, В.О. Пантель, С.А. Чупрынин, Н.К. Корнеева

Ф69 Фланцевые соединения трубопроводов АЭС: учебное пособие / Е.В. Глушкова, В.О. Пантель, С.А. Чупрынин, Н.К. Корнеева; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. - Севастополь: СевГУ, 2022. - 24 с.: ил. - Текст: электронный.

В учебном пособии даны назначение, общая характеристика, конструкция, условия эксплуатации, а также материалы фланцевых соединений, используемых для трубопроводов АЭС.

Учебное пособие предназначено для студентов направления подготовки 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», также может быть использовано при подготовке студентов по другим специальностям, изучающим данные курсы

УДК 621.311.25.002.5:621.643.412.1 (075.8)
ББК 31.470.5я73

Рассмотрены и рекомендованы на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 4 от 21 декабря 2021 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
1. ВВЕДЕНИЕ	5
2. ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТМО	6
2.1. Фланцы. Общие характеристики.....	6
2.2. Крепежные элементы	9
2.3. Разуплотнение фланцевого соединения	11
2.3.1. Подготовительные работы	11
2.3.2. Разборка фланцевого соединения	11
2.4. Фланцы.....	12
2.4.1. Подготовка деталей к сборке	12
2.4.2. Ремонт фланцев	12
2.5. Прокладки	16
2.5.1. Подготовка прокладок	16
2.6. Уплотнение фланцевых соединений.....	17
2.6.1. Причины возникновения неплотностей фланцевого соединения	17
2.6.2. Сборка фланцевого соединения	18
2.6.3. Затяжка крепежа фланцевого соединения.....	20
2.6.4. Контроль качества уплотнения фланцевого соединения	23
ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	24

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЭС – атомная электростанция

РО – реакторное отделение

ТМО – тепломеханическое оборудование

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор

ЯЭУ – ядерная энергетическая установка

1. ВВЕДЕНИЕ

Трубопроводы на АЭС служат для транспортировки теплоносителя, рабочего тела, воздуха, масла и т.д. Они соединяют в определенной последовательности основное и вспомогательное оборудование станции. Общая протяженность трубопроводов АЭС – десятки километров.

Фланцевое соединение трубопроводов – соединение, в котором герметизация трубопровода обеспечивается за счет упругой или пластичной деформации прокладки под действием усилия затяжки, передаваемого через фланцы.

Фланцевые соединения являются одним из наиболее уязвимых и слабых мест трубопровода АЭС. Расстройство фланцевого соединения вызывает необходимость отключения трубопровода, что может служить причиной останова основного оборудования. Во всех случаях, когда есть возможность, следует заменять фланцевые соединения сварными. Если фланцевое соединение является неизбежным звеном в конструкции трубопровода (при наличии фланцевой арматуры), то к обслуживанию и ремонту фланцевого соединения необходимо относиться с особой тщательностью.

2. ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТМО

2.1. Фланцы. Общие характеристики

В комплект фланцевого соединения входят:

- соединительные части (фланцы);
- прокладка;
- крепежные детали (болты, шпильки, гайки, шайбы).

Фланцы трубопроводов и соединительных частей, а также присоединительные фланцы арматуры, машин, приборов, аппаратов и резервуаров на условное давление P_y от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см²) и температуру среды от -253°C до $+600^{\circ}\text{C}$ и на фланцы с прокладками из фторопласта-4 на условное давление P_y от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см²) и температуру среды от -200°C до $+200^{\circ}\text{C}$ должны изготавливаться согласно ГОСТ 12815–80.

Типы и основные параметры фланцев должны соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1 – Типы и основные характеристики фланцев

Тип фланца	Условное давление P_y , МПа (кгс/см ²)	Условный проход D_v , мм
Литые из серого чугуна	0,1; 0,25 ... (1; 2,5)	15...3000
	0,6 ... (6)	15...2400
	1,0 ... (10)	15...2000
	1,6 ... (16)	15...1000
Литые из ковкого чугуна	1,6; 2,5; 4,0 ... (16; 25; 40)	15...80
Литые стальное	1,6 ... (16)	15...1600
	2,5 ... (25)	15...1400
	4,0 ... (40)	15...800
	6,3 ... (63)	15...600
	10 ... (100)	15...400
	16 ... (160)	15...300
	20 ... (200)	15...250
Стальные плоские приварные	0,1; 0,25 ... (1; 2,5)	10...1600
	0,6 ... (6)	10...1000
	1,0; 1,6 ... (10; 16)	10...600
	2,5 ... (25)	10...500
Стальные приварные встык	0,1; 0,25; 0,6 - (1; 2,5; 6)	10...1600
	1,0; 1,6; 2,5; 4,0 ... (10; 16; 25; 40)	10...1200
	6,3 ... (63)	10...400;
	10 ... (100)	500...1200
	16 ... (160)	10...400
	20 ... (200)	15...300
Стальные свободные на приварном кольце	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5 ... (1; 2,5; 6; 10; 16; 25)	10...500

Исполнения уплотнительных поверхностей выбираются в зависимости от параметров транспортируемой среды (рис. 1).

Исполнение 1 - фланцы с соединительным выступом.

Исполнение 2 и 3 - фланцы с выступом и впадиной.

Исполнение 4 и 5 - фланцы с шипом и пазом.

Исполнение 6 - фланцы под линзовую прокладку.

Исполнение 7 - фланцы под прокладку овального сечения.

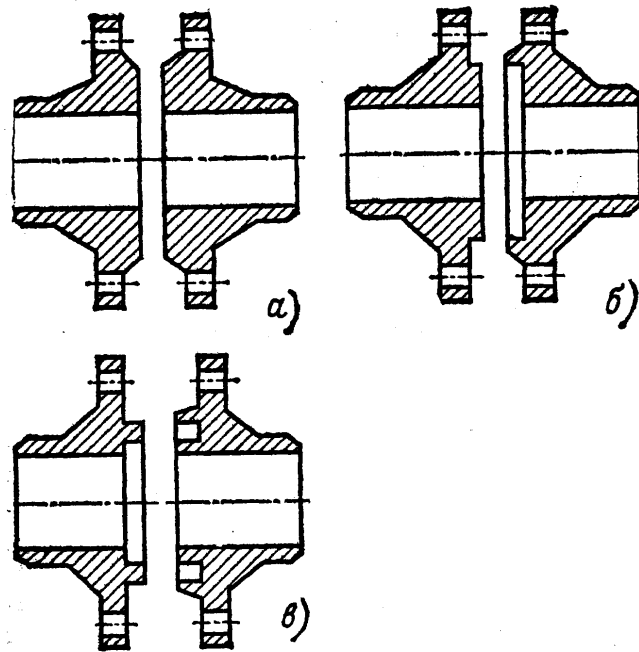


Рис. 1. Основные типы уплотнительных поверхностей фланцев:

а – плоская; б – выступ-впадина; в – шип-паз

Шероховатость уплотнительных поверхностей должна быть $R \leq 25$ мкм.

Допускается изготавливать фланцы с другими исполнениями уплотнительных поверхностей, в том числе с уплотнительными канавками.

Как правило, все фланцы имеют количество отверстий под болты кратное четырем, т.е. 4, 8, 12 и т.д. Отверстия под болты и шпильки во фланцах для удобства монтажа должны располагаться симметрично по отношению к главным осям (но не на главных осях).

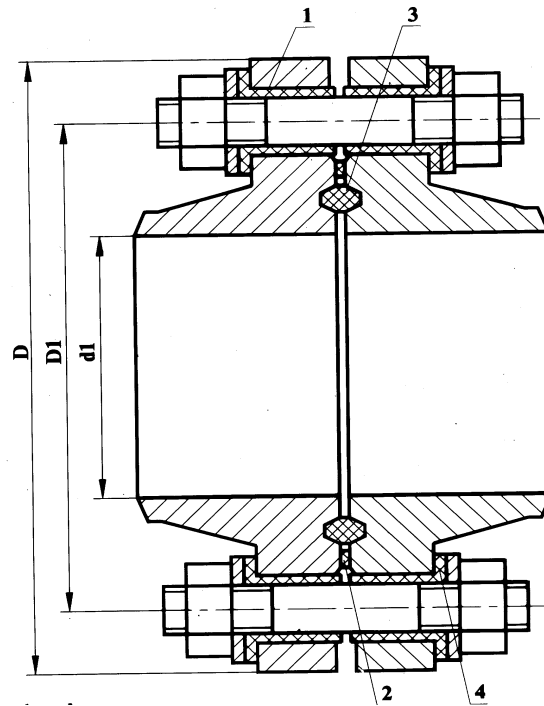


Рис. 2. Фланцы под прокладку фигурного сечения:
1 – фланец; 2 – изолирующее кольцо;
3 – изолирующая прокладка; 4 – изолирующая втулка

Допускается фланцы всех исполнений, имеющие 4 отверстия под болты (или шпильки), изготавливать квадратными на R_y не более 4,0 МПа (40 кгс/см²).

По способу закрепления на трубе все фланцы можно разделить на две группы: свободные и жесткие.

Свободные фланцы удерживаются на трубе при помощи отбортовки, приварного кольца или резьбы. Свободные фланцы позволяют частично компенсировать деформацию при температурных перепадах и, тем самым, защищают болты (шпильки) от температурных напряжений.

Фланцы, болты, шпильки и гайки должны изготавливаться из материалов, указанных в рабочих чертежах (согласно ГОСТ 12816–80).

Допускается изготавливать фланцы, болты, шпильки и гайки из других материалов, обеспечивающих установленное качество фланцевых соединений.

Допускается применение фланцев и шпилек (болтов) из сталей различных классов, но при температуре свыше 100 °С их работоспособность должна быть подтверждена расчетом, данными эксплуатации или экспериментом.

Легированные стали разрешается применять только в термически обработанном состоянии.

Механические свойства материалов, из которых изготавливают фланцы, крепежные детали, а также вид и объем контроля – должны быть указаны в рабочих чертежах.

Допускается изготовление фланцев с резьбовыми отверстиями под крепежные детали.

На наружной цилиндрической поверхности или стороне квадрата, или (и) тыльной стороне фланцев должна быть выполнена следующая маркировка:

- товарный знак предприятия – изготовителя или его сокращенное наименование;
- марка материала фланцев, за исключением фланцев из стали ВСтЗсп, ВСтЗпс;
- условный проход в мм и условное давление в кгс/см²;
- буква **Ф** для фланцев под фторопластовую прокладку.

По согласованию с потребителем допускается фланцы не маркировать. На фланцах, входящих в комплект арматуры, а также, если они являются элементом изделий, маркировку допускается не производить. Допускается так же по согласованию с потребителем производить маркировку фланцев на табличке, прикрепленной к связке фланцев.

При транспортировке фланцы должны быть упакованы в тару. Упаковка должна обеспечить защиту фланцев от повреждений при транспортировке и хранении.

Допускается транспортировка фланцев без упаковки, при условии обеспечения их сохранения.

Каждая партия фланцев должна сопровождаться документом о качестве.

Срок службы фланцев – не менее 10 лет. Ресурс – не менее 80000 часов.

2.2. Крепежные элементы

До крепежных элементов относятся болты, шпильки, гайки, шайбы, шплинты. Все крепежные элементы стандартизированы. Крепежные детали (болты, шпильки, гайки) для соединения фланцев из аустенитной стали должны изготавливаться из стали того же класса, что и фланцы.

Легированные стали допускается применять только в термически обработанном состоянии.

Гайки применяют шестигранные нормальной высоты (0,8 от диаметра резьбы) с 6-7 витками резьбы или гайки высокие (1,2 диаметра резьбы) с 10-11 витками резьбы.

Наиболее нагружены крайние витки резьбы. На первые две нитки нагрузка в два раза больше, чем в средней части резьбы. Под действием нагрузки резьба деформируется. Наибольшая упругая деформация резьбы (смещение гайки по болту) составляет 1/1000 диаметра резьбы. При затяжке гайки 90 % прикладываемого момента приходится на преодоление трения в резьбе и торца гайки о шайбу. Около 10 % прикладываемого усилия затяга затрачивается на сжатие прокладки. Очевидна необходимость большого внимания к качеству резьбы, поверхности гаек и шайб. Применение смазки уменьшает трение, но вредно влияет на стабильность затяжки во времени. Смазка после затяжки гаек постепенно выдавливается из зазоров между деталями и ослабевает затяжку. Твердая смазка не имеет этого недостатка.

Шайбы должны быть плоскими и чистыми, без заусенцев и острых кромок. Шайбы нормальные имеют опорную площадь в 2 раза больше торца гайки, а шайбы увеличенные – в 7 раз больше.

Болты и шпильки должны быть прямыми, допускается их искривление 0,1 мм на 100 мм длины. Резьба должна быть чистой, без заусенцев, без вмятин, без следов коррозии и без сорванных витков. Для одного фланцевого соединения крепеж должен быть одинаковым по размерам, материалу и упругим характеристикам. Болты применяют для крепления фланцев на условное давление не более 25 кгс/см²; во всех остальных случаях пользуются только шпильками.

Для уменьшения заеданий резьбы при высоких температурах шпильки и гайки изготавливают разной твердости; твердость стали для гайки выбирается пониженной против твердости стали для шпильки. Марки сталей шпилек, гаек и шайб выбирают в зависимости от давления и температуры среды.

Шпильки и гайки, применяемые для трубопроводов высокого давления, а также изготовленные из легированных сталей, имеют паспорт (сертификат) и маркировку, где указывается диаметр резьбы и марку стали, например: **M22–35** обозначает метрическую резьбу диаметром 22 мм и сталь марки 35. Если шпильки или гайки не имеют паспорта и маркировки, применение их для крепления фланцев трубопроводов высокого давления или работающих с температурой среды выше 425 °С не допускается.

Все болты, шпильки, гайка, бывшие в употреблении или с тугой резьбой, должны пройти прогонку резьбы.

2.3. Разуплотнение фланцевого соединения

2.3.1. Подготовительные работы

Учитывая, что фланцевые соединения являются составным элементом трубопроводов, арматуры, оборудования, их ремонт и обслуживание требует особой тщательности. Особое внимание следует обратить на диаметры трубопроводов, транспортируемую среду, температуру, давление, направление потоков транспортируемой среды, проектные марки сталей, используемые в ремонтируемых элементах, в том числе в крепежных изделиях. Должно быть отслежено в установленном порядке:

- изучение паспортной и технологической документации на планируемые объемы работ.
- выполнена программа предремонтных испытаний и осмотра.
- подобраны необходимые инструменты, оснастка и материалы.
- выполнены необходимые организационно-технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

До начала ремонтных операций на основании технической документации и результатов предремонтных испытаний и осмотров спланировать ремонтные бригады, их расстановку и график работы в соответствии с планируемыми объемами работ.

2.3.2. Разборка фланцевого соединения

За несколько часов до разборки фланцевого соединения его необходимо очистить от грязи и пыли и смочить керосином резьбу шпилек (болтов), снять замеры напряженного состояния болтов (шпилек) и записать в формуляр для последующего анализа.

Перед разбалчиванием крепежных изделий необходимо снять замеры напряженного состояния болтов (шпилек) и записать в формуляр (журнал) для последующего анализа.

Отвертывание гаек производить в два приема: сначала отвертывают все гайки на 1/8 полного их оборота крестообразно, а затем в любом направлении. Последняя пара шпилек (болтов) вынимается после раскрепления участка трубопровода и принятия мер по предупреждению его смещения относительно осевой линии. Для разбалчивания использовать рожковые и накидные ключи.

Шпильки (болты), гайки, шайбы пронумеровать и в последующем обеспечить их совместную комплектацию. Не допускается при сборке гайки и шайбы с одной шпильки переставлять на другую.

После свинчивания гаек снять шайбы (при их наличии), связать попарно и уложить на мягкий материал (салфетку). Вынуть шпильки и уложить совместно с гайками и шайбами. Шпилька должна выниматься свободно. При затирании в отверстиях фланцев для извлечения шпилек применять медные выколотки, в том числе и для исправления отверстий по их соосности. После извлечения шпилек (болтов) демонтировать прокладку.

2.4. Фланцы

2.4.1. Подготовка деталей к сборке

После разборки фланцевого соединения производят очистку поверхностей, а также крепежные элементы, гнезда под болты (шпильки) от ржавчины, окалины, грязи, следов смазки. Обезжиривают уплотнительные поверхности разъемного соединения.

Затем произвести визуальный и измерительный контроль состояния уплотнительных поверхностей фланцев на предмет пригодности их к дальнейшему использованию (отсутствие трещин, забоин, вмятин, рисок, нарушение формы и размеров, следов смазки, ржавчины, грязи). При необходимости производят ремонт фланцев.

2.4.2. Ремонт фланцев

Ремонт фланцев трубопроводов и арматуры заключается в устранении дефектов на уплотнительных поверхностях (зеркала), ликвидации овальности отверстий для шпилек и замене сломанных или деформированных шпилек новыми.

Доводку поверхности зеркала фланца до необходимой чистоты и устранение дефектов глубиной (0,05...0,5) мм производят шлифовкой или притиркой с применением абразивного диска или специальных чугунных притиров. Чугунные притиры изготавливают из серого мелкозернистого чугуна с обработкой поверхности по форме зеркала фланца.

Притирку делают с применением притирочных микропорошков и пасты ГОИ. Притирочные порошки выбирают в зависимости от материала фланцев. В процессе притирки притирочный материал меняют последовательно от более грубых марок до более тонких.

Таблица 2 – Абразивные материалы

АБРАЗИВ	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
Корунд	Для предварительной притирки твердых (закаленных и азотированных) поверхностей
Электрокорунд	Для предварительной притирки уплотнительных поверхностей из особо твердых материалов
Карбокорунд	Для притирки поверхностей из чугуна, алюминия, меди, латуни
Карбодбора	Для притирки поверхностей азотированных и наплавленных твердым сплавом
Алмазная пыль	Для окончательной доводки мелких деталей из твердых сплавов
Стекло	Для притирки меди, латуни, бронзы

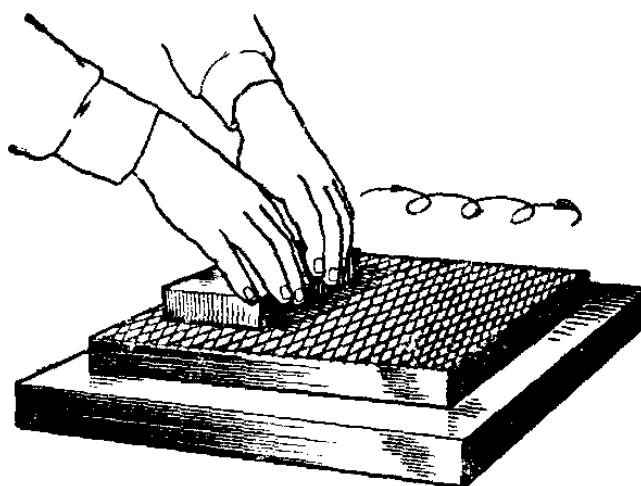


Рис. 3. Притирка поверхностей

Притирка может считаться законченной после того, как на поверхности зеркала появится кольцо матово-серого оттенка. Чем шире это кольцо, тем лучше качество притирки. Чистота поверхности зеркала фланца должна соответствовать техническим условиям.

Чистоту обработки зеркал фланцев определяют по количеству отпечатков краски на 1 см^2 поверхности проверочной плитой. Такая проверка чистоты обработки должна показать:

- для фланцев под мягкие прокладки (паронит, резину, картон) на рабочее давление до 16 кгс/см^2 – не менее одного пятна на 1 см^2 зеркала фланца;
- то же, на рабочее давление более 16 кгс/см^2 - два пятна на 1 см^2 зеркала фланца;
- для фланцев под гребенчатые (зубчатые) прокладки – не менее двух пятен на 1 см^2 зеркала фланца;
- для фланцев беспрокладочных и с плоскими металлическими прокладками – сплошной кольцевой отпечаток краски.

Фланцы, имеющие кольцевые риски по всей ширине зеркала, можно устанавливать на условное давление не выше 100 кгс/см^2 , глубина и ширина рисков должна быть не более $(0,3 \dots 0,5) \text{ мм}$.

Фланцы с выступом должны свободно входить в соответствующие фланцы с впадиной; диаметр выступа должен быть меньше диаметра впадины на $(1 \dots 2) \text{ мм}$ (рис. 4), а его высота – равна глубине впадины или больше ее.

Опорные места под головки болтов или под гайки шпилек должны быть строго параллельны зеркалу фланца, гладко обработаны и достаточны для свободного размещения гаек или головок болтов. Оси отверстий для болтов и шпилек должны быть перпендикулярны зеркалу фланца, не иметь косины и смещений по отношению к другой.

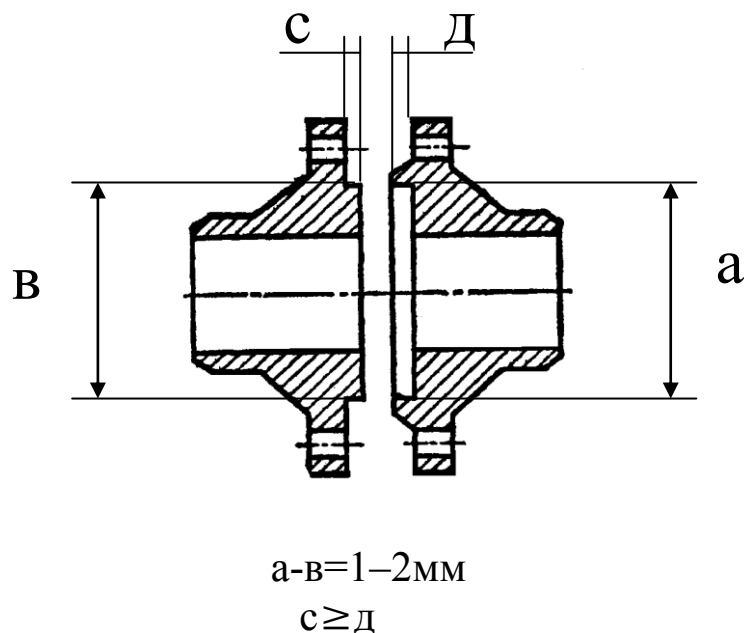


Рис. 4. Допуски размеров "выступ"- "впадина"

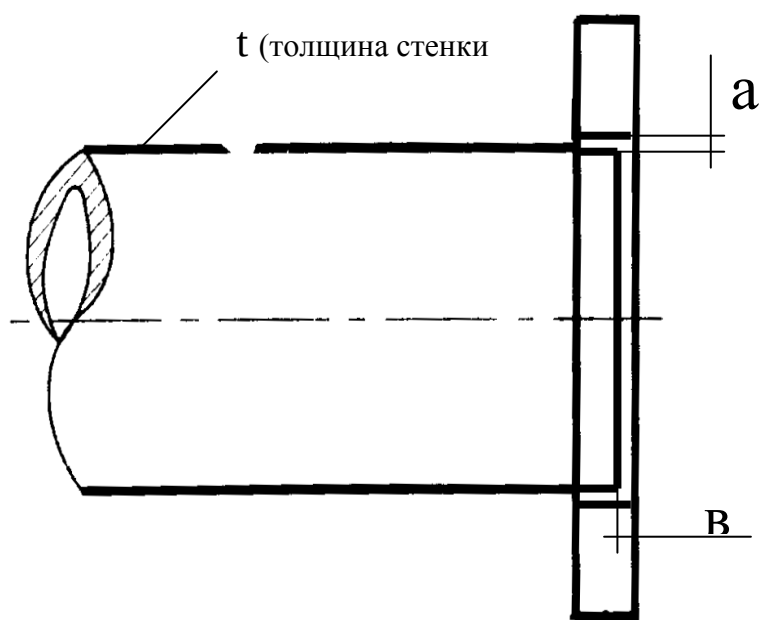
Овальность отверстий под шпильки устраняется при помощи цилиндрической развертки с электрическим приводом.

В тех случаях, когда не представляется возможным произвести ремонт фланцев трубопровода на месте установки, их заменяют новыми.

При замене плоских фланцев старые сварные швы удаляют (сдувают) газовым резаком. Чтобы предупредить повреждения основного металла трубы, эту операцию производят в направлении металла фланца. После удаления старого фланца поверхность трубы зачищают до металлического блеска и тщательно проверяют на отсутствие подрезов основного металла. Новый фланец устанавливают с соблюдением строгой перпендикулярности его зеркала торцу трубы и параллельности зеркалу соединяемого с ним фланца. Зазор между внутренним диаметром отверстия фланца и наружным диаметром трубы **а** (рис. 5) должен быть:

- 0,5 мм для труб с наружным диаметром до 108 мм;
- 1 мм для труб с наружным диаметром до 600 мм;
- 2 мм для труб с наружным диаметром более 600 мм.

При насадке фланца на трубу расстояние от зеркала до торца трубы **в** (см. рис. 5) следует выдерживать не менее толщины стенки трубы плюс 1 мм.



$$в = t + 1 \text{ мм}$$

Рис. 5. Зазоры при установке нового фланца

Допускаемое отклонение от перпендикулярности плоскости фланца оси трубы (рис. 6), измеренное по наружному диаметру фланца, в зависимости от рабочего давления среды не должно превышать значений, указанных в табл. 3.

Таблица 3 – Допускаемое отклонение от перпендикулярности плоскости фланца

Рабочее давление, МПа	Наружный диаметр фланца, мм			
	< 80	100 - 200	300 - 400	>400
< 4	1.0	2.0	2.5	3.0
> 4	0.5	1.0	1.5	2.0

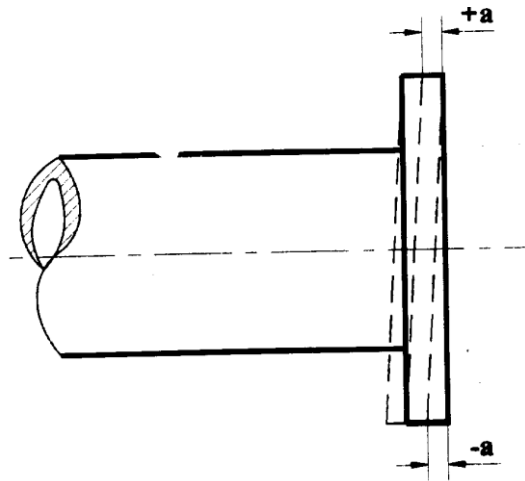


Рис. 6. Перекос фланца на трубе

При ремонте фланцев корпусов арматуры, а также литых и кованных фланцевых деталей трубопровода часто бывает необходимо заменить сломанные шпильки, ввернутые одним концом наглухо во фланец. Если место обрыва сломанной шпильки находится ниже плоскости фланца, то в теле шпильки сверлят отверстие с диаметром, равным половине диаметра шпильки; в отверстии нарезают резьбу, обратную резьбе шпильки, ввертывают болт и ключом вывертывают сломанную шпильку. Можно в просверленное отверстие в шпильке забить трех- или четырехгранный стержень и, вращая его ключом, вывернуть оставшийся конец шпильки. Если этот конец выступает над плоскостью фланца, к нему приваривают гайку и ключом вывертывают. После удаления сломанного конца шпильки резьбу в теле фланца прогоняют метчиком. Новая шпилька ставится в тело фланца с плотной посадкой и строго перпендикулярно его поверхности. Для ввертывания шпильки во фланец на ее свободный конец наворачивают контргайку, а затем гайку и, вращая гайку ключом, устанавливают шпильку; шпильку можно также установить с помощью глухой гайки с воротком, которую наворачивают на свободный конец шпильки.

2.5. Прокладки

2.5.1. Подготовка прокладок

Произвести входной визуальный и измерительный контроль уплотнительных прокладок. Металлические прокладки осматривают через лупу с пяти–десятикратным увеличением на отсутствие трещин, рваных зубцов, раковин и шероховатостей.

Использование прокладок, бывших в употреблении или не имеющих сертификатов (металлические) или бирок (паронитовые), а также при

несоответствии сертификатных (бирочных) данных требованиям соответствующих ГОСТов запрещается.

Геометрические размеры прокладок, марка материала должны соответствовать требованиям рабочих чертежей.

При применении стальной зубчатой прокладки разность ее толщины, замеренная в двух противоположных точках по ее диаметру (**а-в**), не должна превышать 0,1 мм (рис.7).



Рис. 7. Допустимое отклонение толщины зубчатой прокладки

Рабочие поверхности зубчатых прокладок проверяют на контрольной плите по краске, при этом, если на всех зубцах прокладки не получается равномерных отпечатков, прокладку пришабривают или притирают. Ширина притупления зубцов должна быть (0,2...0,3) мм. Покоробленные прокладки бракуют и к установке не допускают.

Паронитовые прокладки проверяют изгибом на 180° вокруг стержня диаметром:

- 12 мм – для толщины прокладки до 1 мм;
- 24 мм - от 1 до 1,24 мм;
- 42 мм - от 1,25 до 2,5 мм.

При такой проверке прокладка не должна трескаться и расслаиваться.

При применении паронитовых прокладок допуски на их наружный и внутренний диаметр не должны превышать величин, приведенных в табл. 4.

Таблица 4 – Допускаемые отклонения размеров паронитовых прокладок

Д нар., мм	Допуск, мм	Д внутр., мм	Допуск, мм
до 140	- 1	до 90	+ 1
от 150 до 500	- 2	от 110 до 425	+ 2
от 500 до 1500	- 3	от 425 до 1400	+ 3

Разность толщины паронитовой прокладки допускается в пределах +10 %.

2.6. Уплотнение фланцевых соединений

2.6.1 Причины возникновения неплотностей фланцевого соединения

Пропуски среды через неплотности фланцевых соединений в процессе эксплуатации трубопроводов происходит по следующим причинам:

- слабой затяжки фланцев;

- релаксации металла шпилек или их обрыв в случае перетяжки;
- повреждение резьбы шпилек и гаек при затяжке фланцев,
- перекосов между зеркалами фланцев;
- некачественной очистки зеркал фланцев перед установкой новой прокладки;
- неправильной установки прокладки между зеркалами фланцев;
- применение некачественного прокладочного материала или металла для крепежных элементов, не соответствующего параметрам среды;
- наличия дефектов на уплотнительных поверхностях (зеркалах) фланцев.

2.6.2. Сборка фланцевого соединения

Для достижения необходимой плотности фланцевых соединений и сохранения ее во время эксплуатации следует фланцевое соединение правильно собрать.

Прокладку во фланец на корпусе оборудования устанавливают до подачи съемного элемента. Мягкие прокладки (из паронита, картона, асбеста) натирают с обеих сторон сухим графитом или дисульфидом молибдена. Смазывать прокладки какими-либо мастиками или графитом, разведенным в масле, нельзя, так как мастика или масло пригорают к зеркалам фланцев и портят их поверхность.

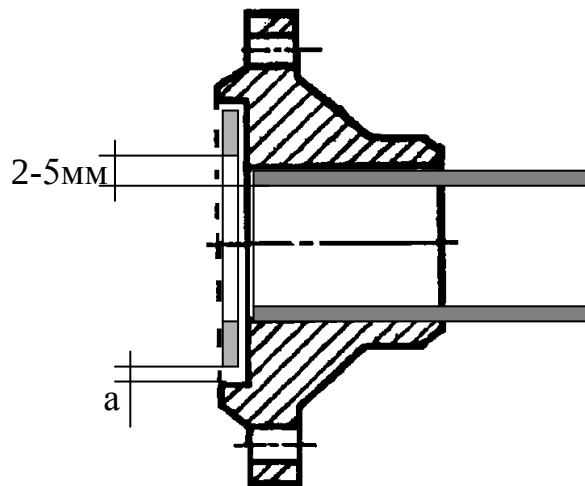


Рис. 8. Зазоры при установке прокладки

Для плоских фланцев наружный диаметр прокладки должен быть на (2...3) мм меньше расстояния между противоположными отверстиями для болтов.

Зазор *a* (рис. 8) по диаметру прокладки во впадине:

- (2...3) мм для труб диаметром до 125 мм;

- (3...5) мм для труб диаметром более 125 мм.

Внутренний диаметр отверстия в прокладке должен быть на (2...5) мм больше внутреннего диаметра трубы.

Плотность фланцевого соединения в значительной степени зависит не только от чистоты поверхности зеркал фланцев, качества и размеров прокладки, но и от тщательной и умелой сборки и затяжки гаек.

Перед сборкой фланцевого соединения с выступом и впадиной следует убедиться в том, что выступ одного фланца свободно входит во впадину пасуемого фланца, а прокладка не имеет смещений в ту или другую сторону.

Фланцы должны сближаться параллельно своим уплотнительным поверхностям.

Отклонение соединяемых фланцев от параллели (b-a) должно быть не более 0,1 мм на каждые 100 мм условного диаметра патрубка (рис. 9).

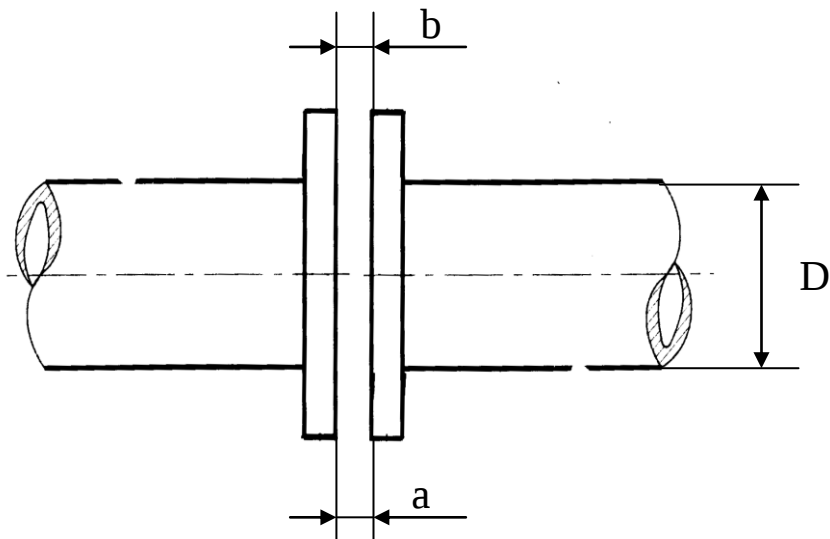


Рис. 9. Отклонение фланцев от параллели

Смещение осей болтовых отверстий фланцев по окружности трубы не должно превышать следующих размеров (рис. 10, табл. 5).

Таблица 5 – Допуск смещения осей болтовых отверстий фланцев

Диаметр отверстий, мм	12...18	28...33	40...52	58...62
Допуск на смещение отверстий, мм	1,0	1,5	2,0	3,0

Не допускается выправление перекоса фланцев при их сборке путем натяга болтов или шпилек. Такой натяг вызовет одностороннее сжатие прокладки и недопустимую вытяжку болтов или шпилек, в результате соединение будет неплотным. Перетянутые болты или шпильки при эксплуатации могут разорваться. Перекос выравнивают обратным движением устанавливаемого фланца. Перекос фланцев трубопроводов, изготовленных из углеродистых

сталей, может быть устранен подгибкой трубы на месте установки. Непараллельность фланцев трубопроводов, изготовленных из легированных сталей, устраняют, отрезая трубу с неправильным фланцем и приваривая новый конец с предварительно перпендикулярно приваренным фланцем. Длина обрезаемого конца и нового патрубка с фланцем должна быть не менее 200 мм.

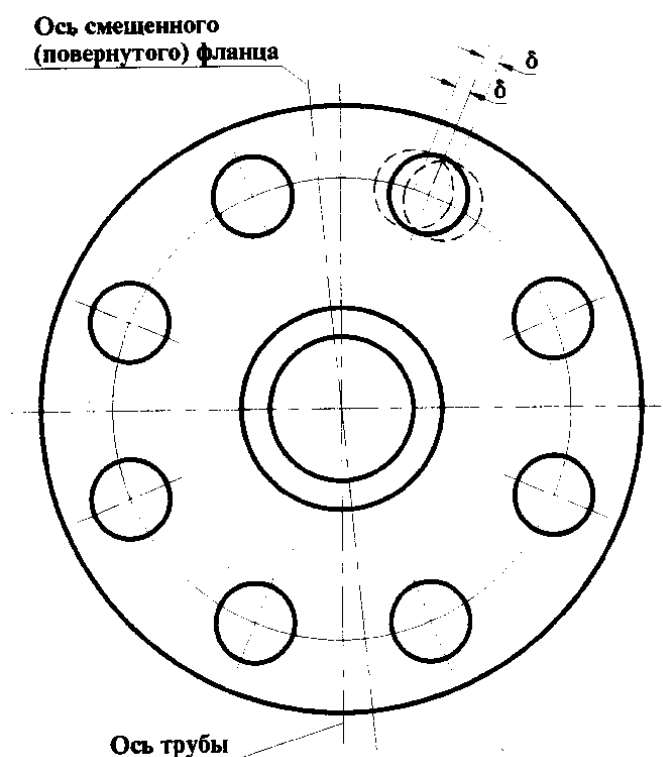


Рис. 10. Смещение осей болтовых отверстий фланцев

При установке крепежа фланцевых соединений тело шпильки или болта должно выходить за пределы гайки не более чем на половину диаметра, а все гайки должны находиться на одной стороне фланцевого соединения.

2.6.3. Затяжка крепежа фланцевого соединения

Перед наворачиванием гаек резьбу шпилек смазывают графитомедистой, графитовой или сернистолибденовой смазкой или натирают сухим серебристым графитом; гайки на шпильки завертывают в любой последовательности до соприкосновения их торцов с поверхностью фланцев.

Затяжка шпилек фланцевых соединений должна производиться высококвалифицированным рабочим с особой тщательностью и контролироваться точными измерительными приборами.

В этом процессе есть две задачи:

1. произвести затяжку каждой резьбовой пары «болт-гайка» на необходимую оптимальную величину;

2. обеспечить равномерную затяжку всех резьбовых пар фланцевого соединения.

Резьбовые пары каждого фланцевого соединения представляют собой группу взаимного влияния. Наилучшая технология затяжки всей группы резьбовых пар состоит в одновременном синхронном вращении всех гаек одинаковым моментом на одинаковый угол поворота.

При затяжке одной гайки усилие создается на часть поверхности фланцев, которые получают изгиб. Часть стыка оказывается в контакте, а остальные части раскрываются. При последующей затяжке соседних гаек площадь контакта фланцев увеличивается, а первый болт разгружается. Поэтому затяжку нужно производить, начиная с двух диаметрально противоположных гаек с последующим перемещением на 90^0 .

Затяжку гаек крепежа разъемного соединения необходимо производить по крестообразному расположению диаметрально противоположных шпилек (болтов).

Величину затяжки гаек необходимо производить по этапам:

- I этап - примерно 30 % от расчетного крутящего момента;
- II этап - примерно 70 % от расчетного крутящего момента;
- III этап - до полного расчетного крутящего момента согласно требованиям чертежа.

Рекомендуемые величины крутящего момента затягивания гаек крепежа приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Рекомендуемые крутящие моменты затягивания гаек крепежа

Диаметр шпильки, мм	Крутящий момент, кгс·м
13	6,21
14	9,246
16	12,42
19	17,94
22	27,6
25	44,16
30	44,52
32	96,6
35	138,0
38	165,6
45	248,4
48	276,0
50	414,0

Конкретные величины затяжки - в соответствии с требованиями проектно-конструкторской документации на оборудование, трубопроводы, арматуры.

Параллельность фланцев при затяжке определяется путем замера зазоров между фланцами по их периметру в шести - восьми точках с помощью щупа.

Не разрешается выправление перекоса путем неравномерной затяжки болтов (шпилек), устранение зазоров между разъемными поверхностями при помощи клиновых прокладок или дополнительных шайб.

В процессе затяжки контролировать величину крутящего момента по цифровому индикатору или по звуковому сигналу (при достижении заданных крутящих моментов). Не допускается в процессе затяжки подвергать рычаг динамометрического ключа рывкам, ударам во избежание сбоя показаний цифрового табло.

Потребная затяжка шпилек фланцевого соединения может устанавливаться также путем изменения натяга контрольных шпилек относительно их первоначальной длины в холодном состоянии. Натяг шпилек указывается проектной организацией на рабочих чертежах трубопроводов. Замер удлинения шпилек производится при помощи специальной скобы и индикатора.

Контроль натяга шпилек основан на замере удлинения шпилек относительно их первоначальной длины в период нахождения паропровода в холодном режиме.

Перед натяжкой шпилек записываются показания индикатора. После слабого равномерного подвертывания гаек до полного соприкосновения их торцевых поверхностей с поверхностью фланцев отмечается первоначальное положение гаек относительно фланцев. Равномерность подвертывания гаек контролируется в это время по зазору между фланцами. Затяжка производится одновременно двух диаметрально расположенных шпилек, а затем переходят к затяжке шпилек, расположенных на 90^0 правее и левее по окружности. После этого переходят к одновременной затяжке противоположно лежащих шпилек. После первоначальной затяжки переходят в таком же порядке к окончательной затяжке, одновременно производятся замеры удлинений шпилек индикатором для сравнения полученных данных с проектными.

Контроль затяжки шпилек при помощи микрометрических скоб и индикаторов основан на методе точного замера длины шпильки до затяжки и в процессе затяжки, контроль можно также производить и при помощи динамометрических ключей, ограничивающих усилие, приложенное к рукоятке (рис. 11).

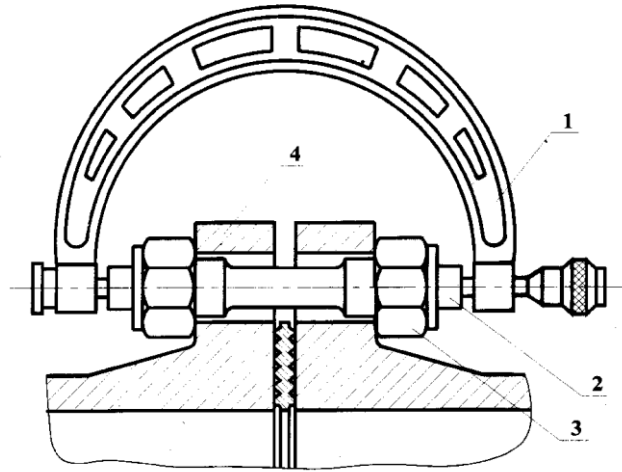


Рис. 11. Замер удлинения шпильки при помощи скобы:

1 – микрометр (микрометрическая скоба);

2 – шпилька; 3 – гайка; 4 – фланец

2.6.4. Контроль качества уплотнения фланцевого соединения

Произвести контрольный замер фактической величины крутящего момента затяжки гаек крепежа фланцевого соединения.

Заполнить формуляры затяжки крепежа с указанием проектных и фактических крутящих моментов, сведений о крепеже и примененных ключах.

Провести гидравлические испытания уплотнения разъёмного соединения оборудования на прочность и плотность в составе системы, где оно установлено.

В случае пропуска среды произвести устранение дефектов.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов. Государственный комитет СССР по стандартам. Москва.
2. Соединения трубопроводов. Справочник. В 2-х частях. – Изд-во стандартов, 1988. - 160 с.: 319 ил.
3. Смирнов Г. М. Монтаж трубопроводов тепловых электростанций. - изд. 2-е, переработ. и доп. - М.: Энергия, 1971. - 304 с. с ил.
4. Справочник монтажника тепловых электростанций. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 880 с.
5. Глухенький Т.Е. Станционные трубопроводы, их изготовление и монтаж / Т.Е. Глухенький. - М.: Энергия, 1987. - 416 с.; ил.
6. Гуревич Д.Ф. Арматура атомных электростанций: справочное пособие / Д.Ф. Гуревич, В.В. Ширяев, И.Х. Пайкин. - М.: Энергоиздат, 1982. - 312 с.; ил.
7. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции : учебник для вузов / Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин. - 6-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2020. - 463 с.
8. Газотурбинные энергетические установки : учеб. пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка ; под ред. С.В. Цанева. – Москва : МЭИ, 2017. – 426 с.

У ч е б н о е и з д а н и е

**Глушкова Елена Владимировна
Пантель Валентин Олегович
Чупрынин Сергей Александрович
Корнеева Надежда Константиновна**

ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ АЭС

Учебное пособие

В авторской редакции