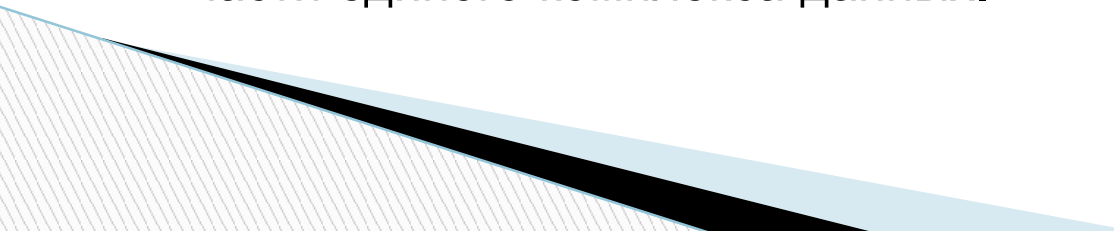


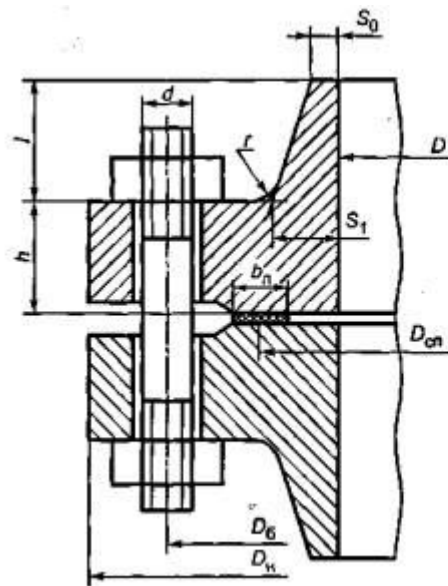
# Расчет болтов с упругой прокладкой во фланцевых соединениях



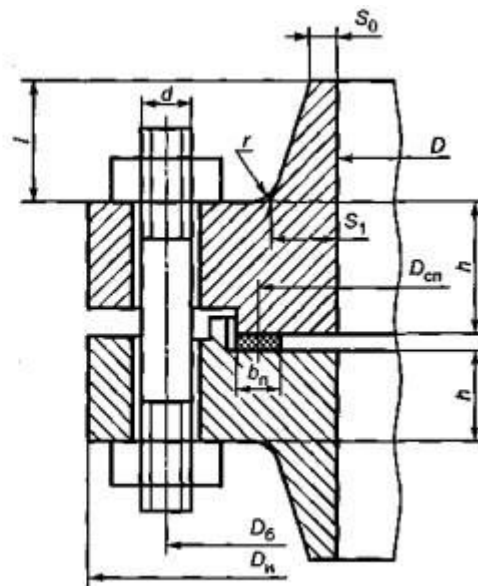
- Фланцевые соединения в трубопроводах имеют чрезвычайно широкое распространение; они применяются для самых разнообразных сред, давлений и температур.
- Фланцевое соединение выполняет весьма ответственную роль, так как во многих случаях разрушение фланцевого соединения связано не только с большими материальными потерями, но и с опасностью для жизни обслуживающего персонала. Поэтому прочность фланцевого соединения должна быть гарантирована безусловно. В то же время, большое количество металла, затрачиваемое на изготовление фланцевых соединений, требует применения рациональных, научно обоснованных методов расчета.
- Фланцевое соединение состоит из трех элементов: фланцев, болтов и прокладки, физико-механические свойства которых значительно влияют на работу соединения. Расчет фланцевого соединения затрудняется большим числом факторов, влияющих на его работу; условиями эксплуатации трубопровода или установки, на которых смонтировано данное фланцевое соединение, квалификацией обслуживающего персонала, упругостью, весом и конструкцией данного участка трубопровода, колебаниями температуры.

- Плотность фланцевого соединения обеспечивается путем соответствующей затяжки болтов.
  - При расчете должно быть обеспечено условие, заключающееся в том, что при возникновении рабочего давления в трубопроводе запасы прочности болтов и фланца по отношению к действующим усилиям не должны быть ниже определенной величины.
  
  - Таким образом, расчет фланцевого соединения содержит три элемента:
    - 1) определение величины затяга прокладки, необходимой для обеспечения плотности соединения;
    - 2) определение количества и размеров болтов;
    - 3) определение размеров фланцев.
  - Эти элементы расчета необходимо рассматривать как составные части единого комплекса данных.
- 

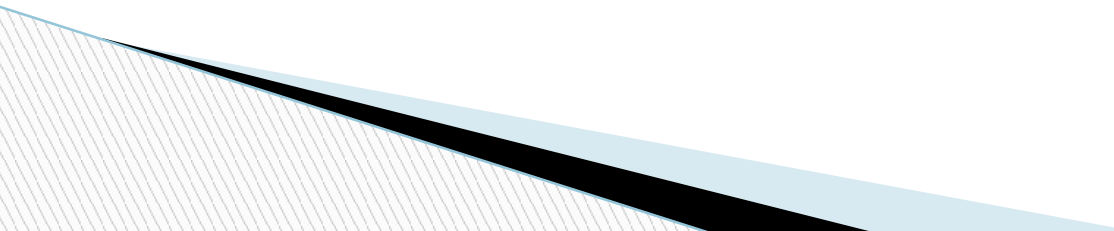
## Примеры фланцевых соединений



фланцевое соединение с  
гладкой уплотнительной  
поверхностью



фланцевое соединение с  
уплотнительной  
поверхностью типа выступ  
- впадина

- В трубопроводах и арматуре применяется много различных конструкций фланцевых соединений, но почти все их можно свести в две большие группы:
  - 1) жесткие фланцы, в которых кольцевая часть изготовлена заодно с цилиндрической;
  - 2) свободные фланцы, в которых кольцевая часть изготовлена отдельно от цилиндрической и связана с ней при помощи упора, резьбы и прочих соединительных элементов .
  - Применяемые в настоящее время методы расчета фланцевых соединений также можно разделить на две группы:
  - 1) метод расчета по допускаемым напряжениям;
  - 2) метод расчета по предельным нагрузкам.
  - Расчет фланцев по допускаемым напряжениям применим для всех металлов при всех условиях работы.
  - Расчет фланцев по предельным нагрузкам является более совершенным, но он применим лишь для нехрупких металлов, работающих при таких условиях, когда температура фланцев лежит в зоне, где основной характеристикой прочности металла является предел текучести.
- 

□ 6 Усилия в болтах (шпильках) фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях

□ 6.1 Суммарную площадь сечения болтов (шпилек) по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра вычисляют по формуле

$$A_b = n f_b.$$

□ 6.2 Равнодействующую нагрузку от давления вычисляют по формуле

$$Q_d = 0,785 D^2$$

□ 6.3 Приведенную нагрузку, вызванную воздействием внешней силы и изгибающего момента, вычисляют по формуле

$$Q_{FM} = F \pm 4 |M| / D_{сп}$$

- 6.4 Расчетную нагрузку на болты (шпильки) фланцевых соединений вычисляют по формулам:
- - при затяжке фланцевого соединения:
- $P_{\text{б}}^{\text{м}} = \max\{P_{\text{б1}}; P_{\text{б2}}\}$ ,
- где  $P_{\text{б1}}$  - расчетная нагрузка на болты (шпильки) при затяжке, необходимая для обеспечения в расчетных условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения:

$$P_{\text{б1}} = \max \left[ \begin{array}{l} \alpha(Q_{\text{д}} + F) + R_{\text{п}} + 4\alpha_{\text{м}}|M|/D_{\text{сп}} \\ (\alpha(Q_{\text{д}} + F) + R_{\text{п}} + 4\alpha_{\text{м}}|M|/D_{\text{сп}}) - Q_{\text{т}} \end{array} \right]$$

Нагрузка болтов фланцевых соединений статическая. При статической нагрузке работоспособность болтов определяется их сопротивлением пластической деформации [30]. Этому соответствуют два способа расчета болтов фланцевых соединений: на растяжение и на растяжение с кручением.

На растяжение рассчитывают болты фланцевых соединений: низкого давления ( $d \leq 30$ ); высокого давления, когда работоспособность болтов оценивается по пределу длительной прочности; болты из аустенитной стали для работы при низких температурах и, наконец, при предварительном выборе размеров болтов, впоследствии рассчитываемых на растяжение с кручением. Напряжения растяжения

$$\sigma = Q' / f_b. \quad (86)$$



Соответствующие этому напряжению величины запаса прочности по пределу текучести при рабочей температуре или по условному пределу долговременной прочности при растяжении (разрушение за 100 000 ч):

для болтов $d = 10 \div 16$ мм . . . . .	3,0
для болтов $d > 16$ мм . . . . .	2,0

На растяжение с кручением рассчитывают болты  $d \geq 30$  мм фланцевых соединений низкого давления и все болты фланцевых соединений высокого давления.

Запас прочности (по пластическим деформациям)

$$n_6 = \frac{\sigma_T}{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}, \quad (87)$$

где  $\sigma$  определено выражением (86);  $\tau$  — напряжение кручения в нарезной части

$$\tau = \frac{T_6}{0,2d_1^3}, \quad (88)$$

где  $T_6$  — крутящий момент, действующий на болт,  $T_6 = \xi Q'd$ . Коэффициент  $\xi$ , зависящий от трения в нарезке:

при чисто обработанных поверхностях и наличии смазки  $\xi = 0,06 \div 0,8$ ;

при чисто обработанных поверхностях без смазки  $\xi = 0,11 \div 0,13$ ;

при грубо обработанных поверхностях  $\xi = 0,15 \div 0,17$ .

Запас прочности  $n_6$  относительно предела текучести при рабочей температуре:

для болтов $d = 10 \div 16$ мм	$n_6$ . . . . .	3,0–2,0
» » $d = 18 \div 30$ мм	$n_6$ . . . . .	1,5
» » $d > 30$ мм	$n_6$ . . . . .	1,3

При перекосе головки (гайки) болта на  $1^\circ$  и более должны быть устранены перезатяжки болтов.

Дополнительная информация по расчетам:

Волошин А.А. «Расчет и конструирование  
фланцевых соединений»

[www.vashdom.ru/gost/](http://www.vashdom.ru/gost/)

