БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

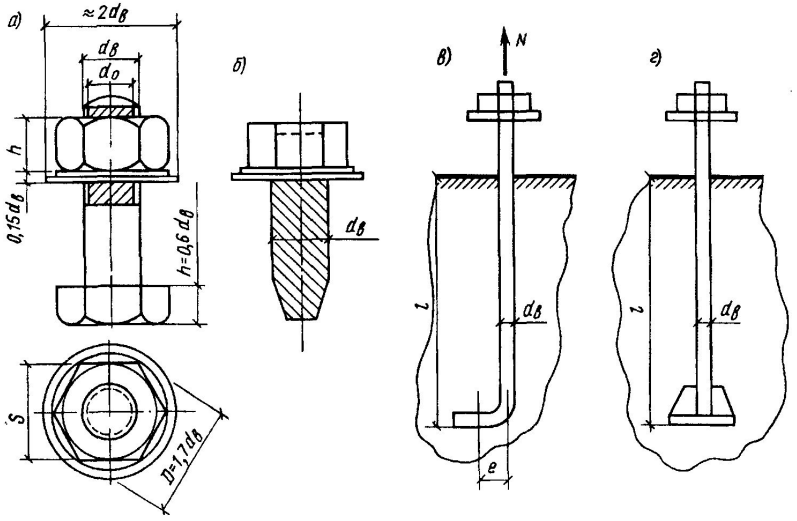
Общие соображения

Болтовые соединения, в отличие от сварных, имеют более простую технологию выполнения и поэтому широко применяются при монтаже. Монтажные болты устанавливаются примерно в 2 раза быстрее, чем производится сварка. Болтовое соединение является разъёмным.

Однако болтовые соединения по сравнению со сварными являются более металлоёмкими и весьма деформативными. Последний недостаток устраняется применением фрикционных соединений на высокопрочных болтах.

В строительстве применяются:

- Обычные болты с гайкой и шайбой;
- Фундаментные (анкерные) болты;
- Самонарезающие болты.



Виды болтов

а — болт с шайбой (1) и гайкой (2); б — самонарезающий болт; в — фундаментные болты; тип 1 при d_b 36 мм, тип 2 при d_b 30 мм

Условные обозначения

Условные обозначения

- Постоянные болты в заводских и монтажных соединениях
- Временные болты в монтажных соединениях
- Высокопрочные болты

Классы точности болтов

В зависимости от требований к точности диаметра болтов различают три **класса точности** (А, В, С):

Класс точности болтов	Характеристика	Допуск на отклонение диаметра болта от номинального
А	Болты повышенной точности	– 0,3 мм
В	Болты нормальной точности	± 0,52 мм
С	Болты грубой точности	± 1,0 мм

В зависимости от требований к точности диаметра отверстий различают «чистые» и «чёрные» болты:

- в соединениях на болтах классов точности **В** и **С** диаметр отверстия превышает диаметр болта на **2…3 мм** (в отдельных случаях – на 3…5 мм), что позволяет просверливать отверстия в каждой детали в отдельности – это **«чёрные» болты**;
- в соединениях на болтах класса точности **А** диаметр отверстия не должен превышать диаметр болта более чем на **0,3 мм** (такие отверстия получают, например, сверлением их на проектный диаметр в собранных элементах) – это **«чистые» болты**; раньше они использовались в особо ответственных соединениях, а сейчас из-за трудоёмкости установки их применяют редко (более эффективными являются высокопрочные болты).

Классы прочности болтов

В зависимости от прочностных характеристик болты делят на **классы прочности**:

Характеристика	Болты обычной прочности	Высокопрочные болты
Применяемая сталь	малоуглеродистая	низколегированная
Классы прочности болтов	4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 8.8	10.9; 12.9

(классы прочности записываются через точку)

5.8

первое число, умноженное на 100, равно временному сопротивлению, МПа;

произведение чисел, умноженное на 10, равно пределу текучести, МПа.

Наиболее широко применяют болты классов прочности **5.8** и **5.6** диаметром **16, 20, 24 мм**.

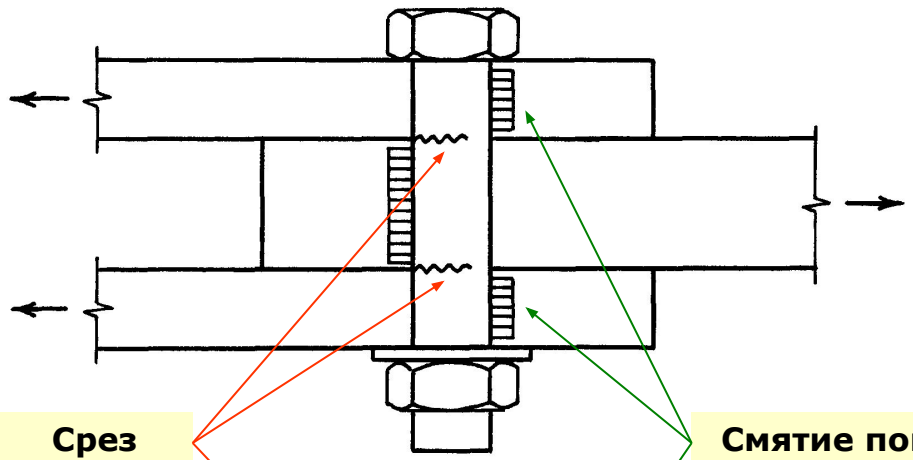
Виды болтовых соединений

Наиболее широкое распространение получили следующие **виды болтовых соединений**:

- **Срезные соединения -** воспринимают внешние усилия вследствие сопротивления болтов срезу и соединяемых элементов смятию, вследствие чего обладают повышенной деформативностью.
- **Фрикционные соединения** (сдвигоустойчивые соединения на высокопрочных болтах) - воспринимают внешние усилия вследствие сопротивления сил трения, возникающих по контактным плоскостям соединяемых элементов от предварительного натяжения болтов. Усилия натяжения контролируют, а соединяемые поверхности подвергают обработке.
- **Фрикционно-срезные соединения** (комбинированные).
- **Фланцевые соединения** - воспринимают внешние усилия вследствие сопротивления болтов растяжению; здесь несущая способность болтов используется наиболее полно.

Работа болтового соединения на срез и смятие

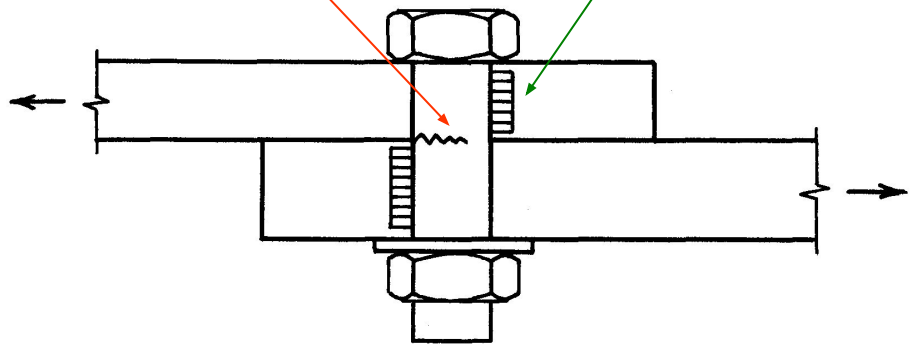
Двухсрезное соединение



Срез болта

Смятие поверхности отверстия

Односрезное соединение



Расчёт болтового соединения на срез и смятие

- Расчётное усилие, воспринимаемое одним болтом при его работе **на срез**:

$$N_{b,s} = R_{bs}\,\gamma_b\,A_b\,n_s\,;$$

R_{bs} – расчётное сопротивление болта срезу (по табл. 58* СНиП);

γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения (по табл. 35* СНиП); неравномерность работы многоболтового соединения учитывается коэффициентом γ_b = 0,9;

A_b – площадь сечения болта (по табл. 62* СНиП);

n_s – расчётное число срезов болта.

- Расчётное усилие, воспринимаемое одним болтом при работе поверхности отверстия **на смятие**:

$$N_{b,p} = R_{bp}\,\gamma_b\,d_b\left(\sum t_{\min}\right);$$

R_{bp} – расчётное сопротивление смятию соединяемых элементов (по табл. 59* СНиП);

d_b – диаметр болта;

$\Sigma t_{\min}$ – наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении.

- Необходимое число болтов в соединении :

$$n \geq \frac{N}{N_{b,\min}\,\gamma_c};$$

где $N_{b,\min} = \min\{N_{b,s}; N_{b,p}\}.$

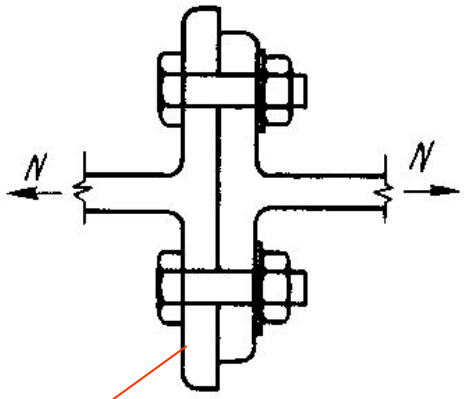
Расчёт болтового соединения на растяжение

4 Расчётное усилие, воспринимаемое одним болтом при его работе **на растяжение**:

$$N_{b,t} = R_{bt}\, A_{bn};$$

R_{bt} – расчётное сопротивление болта растяжению (по табл. 58* СНиП);

A_{bn} – площадь сечения нетто болта (по табл. 62* СНиП).



Фланец

Расчёт фрикционного соединения на высокопрочных болтах

- Расчётное усилие, воспринимаемое одной поверхностью трения соединяемых элементов:

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh}\,\gamma_b\,A_{bn}\,\mu}{\gamma_h};$$

R_{bh} – расчётное сопротивление высокопрочного болта растяжению; $R_{bh} = 0{,}7\,R_{bun}$ (R_{bun} – наименьшее временное сопротивление разрыву, определяется по табл. 61* СНиП);

γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения, зависящий от количества болтов (п. 11.13* СНиП);

A_{bn} – площадь сечения нетто болта (по табл. 62* СНиП);

μ - коэффициент трения, зависящий от качества обработки поверхностей (по табл. 36* СНиП);

γ_h – коэффициент надёжности, зависящий от вида нагрузки (статическая или динамическая), разности номинальных диаметров отверстий и болтов (1…6 мм), способа регулирования натяжения.

- Необходимое число болтов в соединении :

$$n \geq \frac{N}{Q_{bh}\,n_f\,\gamma_c};$$

n_f – количество поверхностей трения соединяемых элементов.

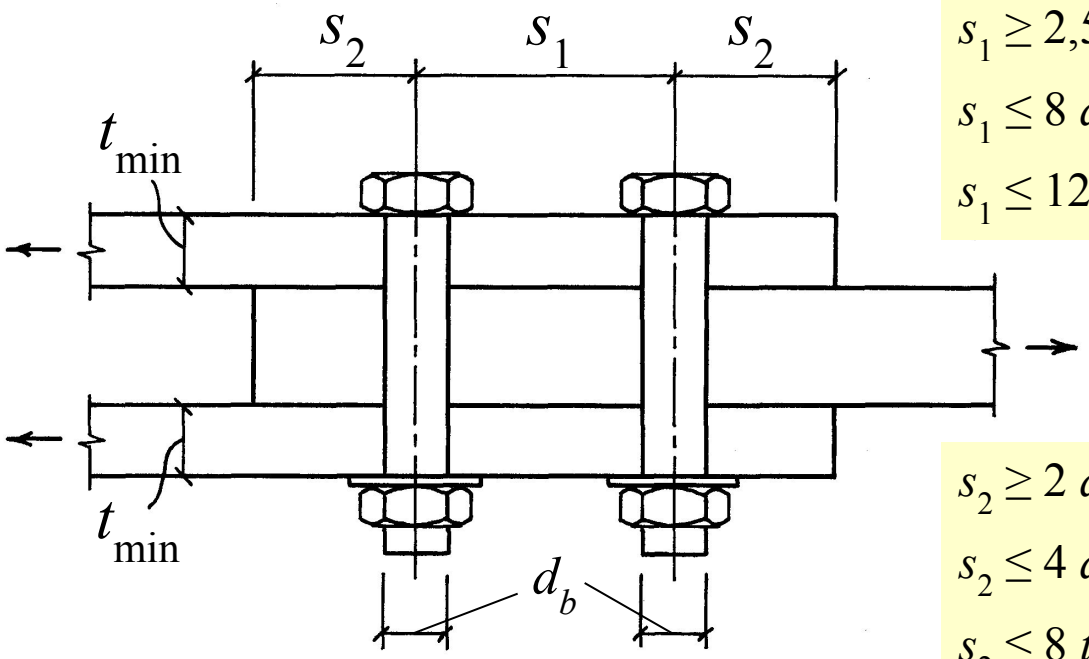
- Контролируемое усилие натяжения болта :

$$P = R_{bh}\,A_{bh}.$$

Конструктивные требования к размещению болтов

Размещение болтов осуществляется в соответствии с конструктивными требованиями

(табл. 39 СНиП).



$s_1 \geq 2{,}5\ d_b$

$s_1 \leq 8\ d_b$

$s_1 \leq 12\ t_{min}$

$s_2 \geq 2\ d_b$

$s_2 \leq 4\ d_b$

$s_2 \leq 8\ t_{min}$

Минимальные расстояния между центрами отверстий болтов назначаются из условия прочности материала соединяемых элементов.

Максимальные расстояния между центрами отверстий болтов назначаются

- при сжатии – из условия устойчивости соединяемых элементов на участке между болтами;

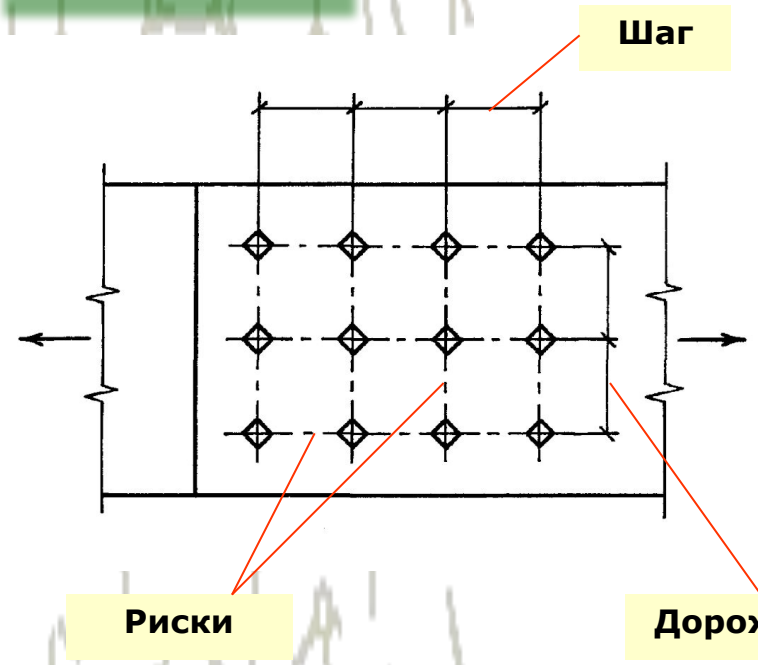
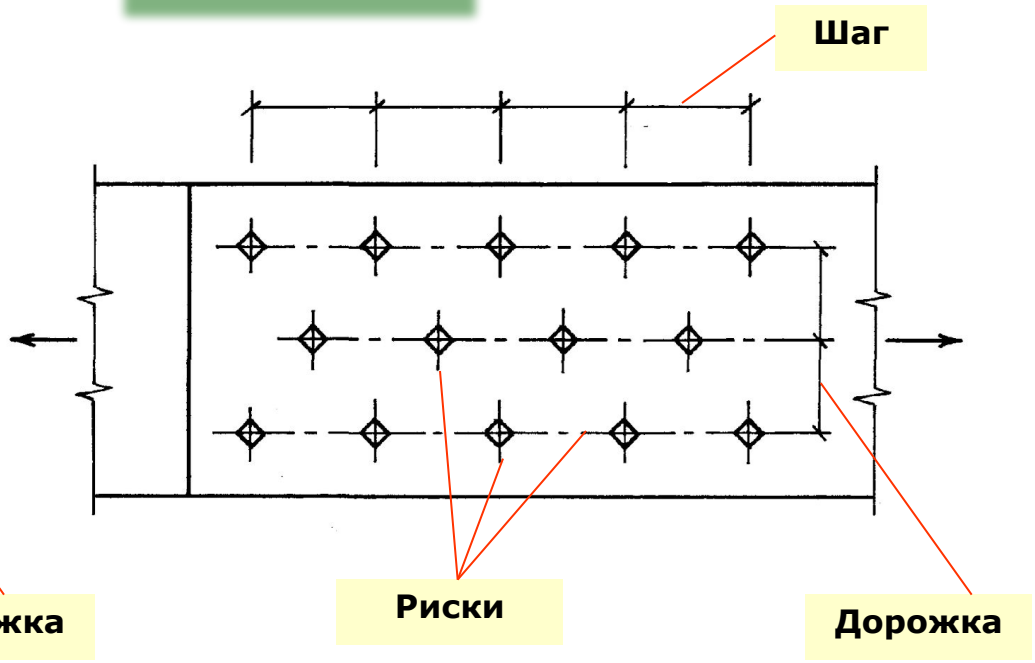
- при растяжении – из условия обеспечения плотного соединения элементов во избежание попадания в зазоры влаги и пыли, способствующих коррозии.

Конструктивные требования к размещению болтов

Болты размещают в рядовом или шахматном порядке.

Линии, проходящие по центрам болтов, называют рисками. Расстояния между рисками вдоль усилия называют шагом, а поперёк – дорожкой.

Рядовое размещение



Шахматное размещение