

# Соединения элементов металлических конструкций.

## План.

1. Сварные соединения. Общие сведения.
2. Расчет стыковых швов.
3. Расчет углового сварного шва на растяжение и сжатие.
4. Конструктивные требования, предъявляемые к сварным швам..
5. Соединения на болтах и заклепках.

## 1. Сварные соединения. Общие сведения.

Сварка — основной тип соединений элементов металлических конструкций (свыше 90 % всех металлических конструкций являются сварными).

### Достоинства сварки:

- а) снижение расхода стали на 10—20 %;
- б) уменьшение трудоемкости изготовления на 20 % и более;
- в) сравнительная простота автоматизации;
- г) возможность создания конструкций, невыполнимых при других типах соединений (например, фермы с узлами без фасонки).

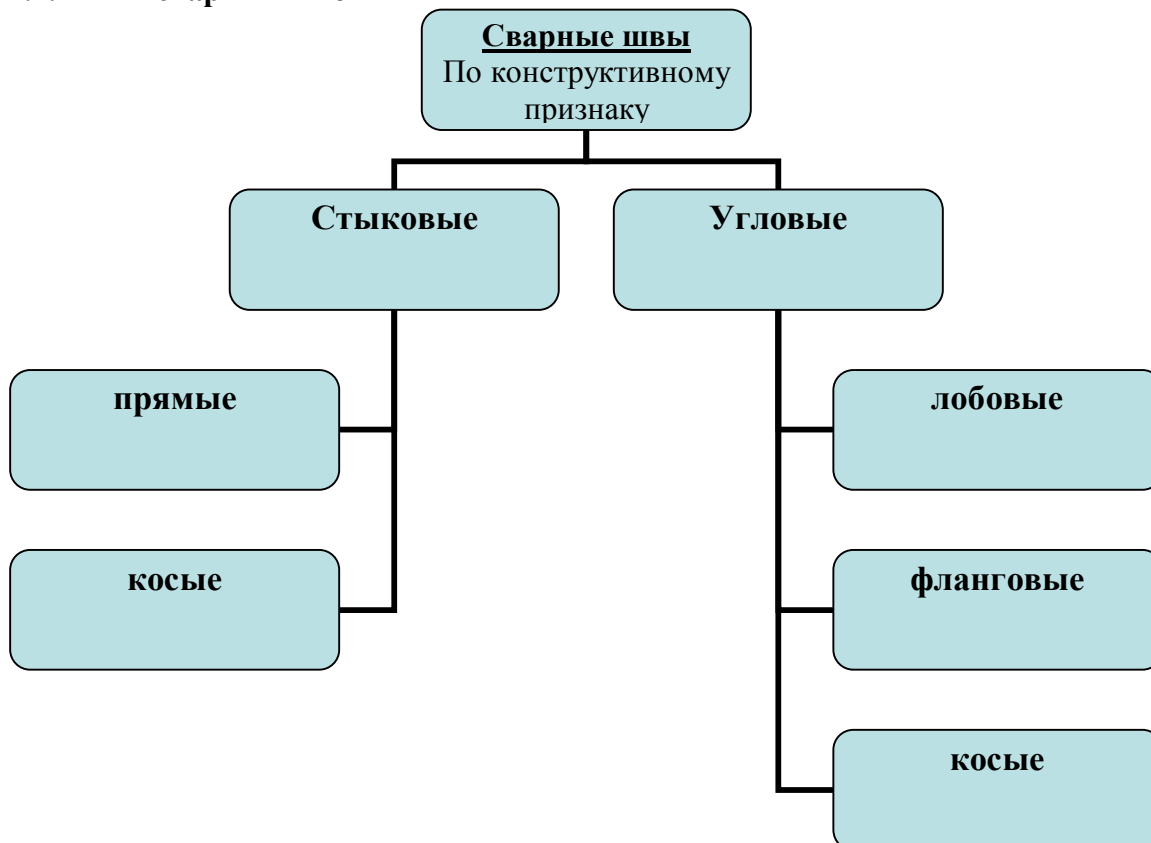
Преимущества сварки столь существенны, что она используется везде, где это возможно.

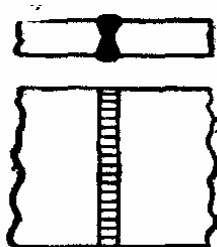
**Главный недостаток сварных конструкций** — чувствительность к концентрациям напряжений, в результате чего при воздействии низких температур и динамических нагрузок возможно хрупкое разрушение их.

В строительстве чаще всего применяется электродуговая сварка — ручная, полуавтоматическая и автоматическая. При этом методе между электродом и свариваемой деталью образуется электродуга. Глубина проникания наплавленного металла в основной называется проваром.

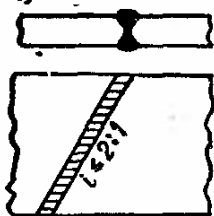
Электроды для ручной сварки разделены на типы, обозначаемые буквой Э с цифрой. Цифра указывает размер временного сопротивления разрыву металла шва в  $\text{кг/мм}^2$ . Например, Э60 — электрод, у которого шов имеет  $\sigma_{br} = 60 \text{ кг/мм}^2 = 590 \text{ МПа}$ . Буква А ставится сзади, если шов отличается повышенной пластичностью, например — Э42А.

### 1.1. Типы сварных швов

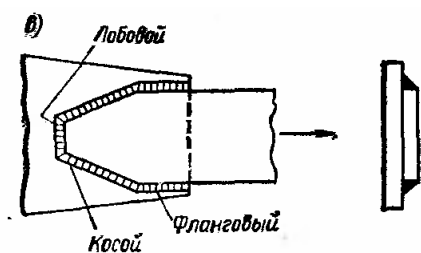




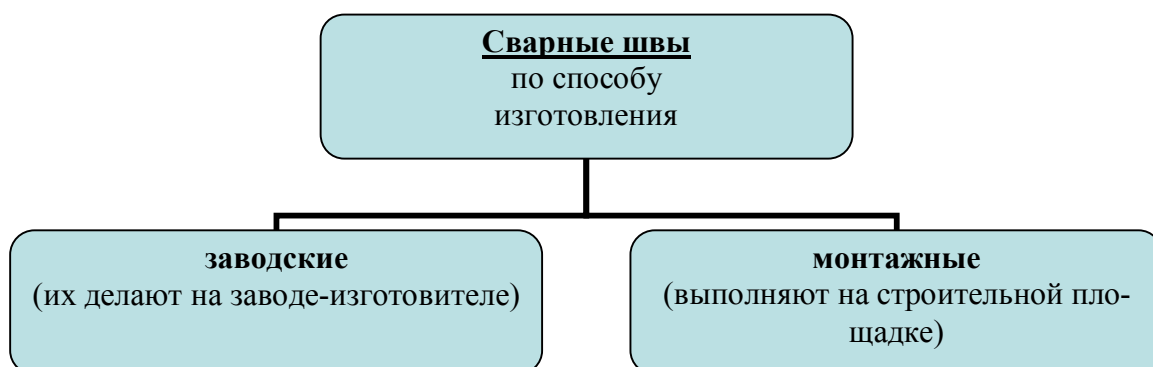
Прямой стыковой шов



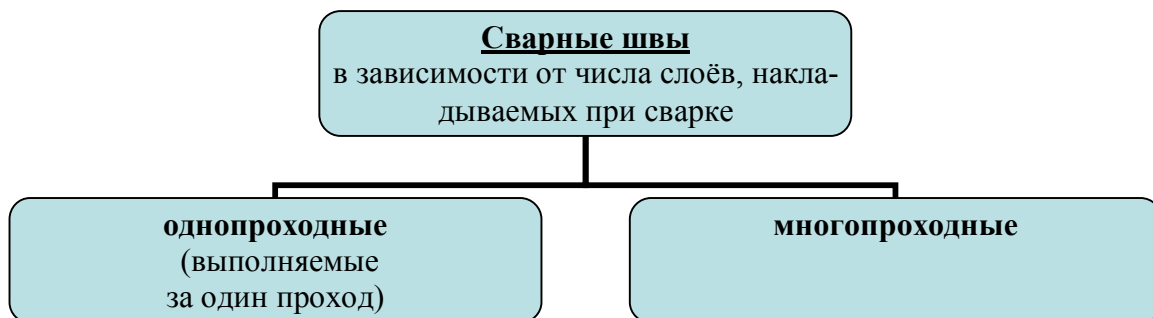
Косой стыковой шов



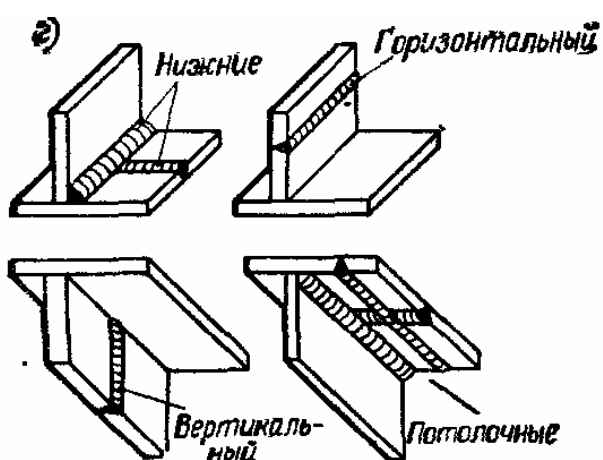
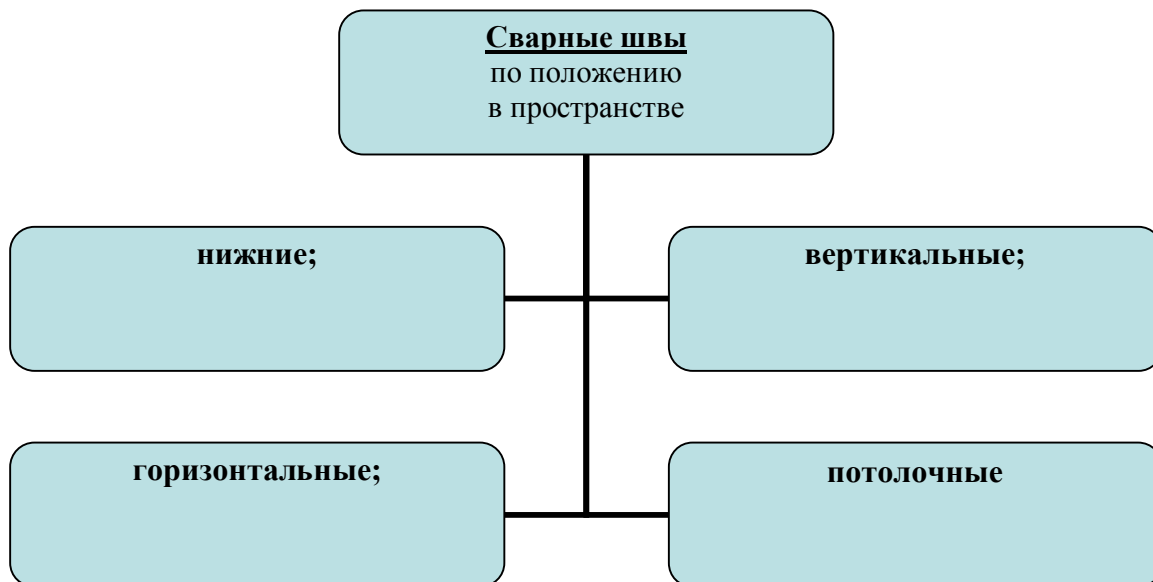
Угловые швы



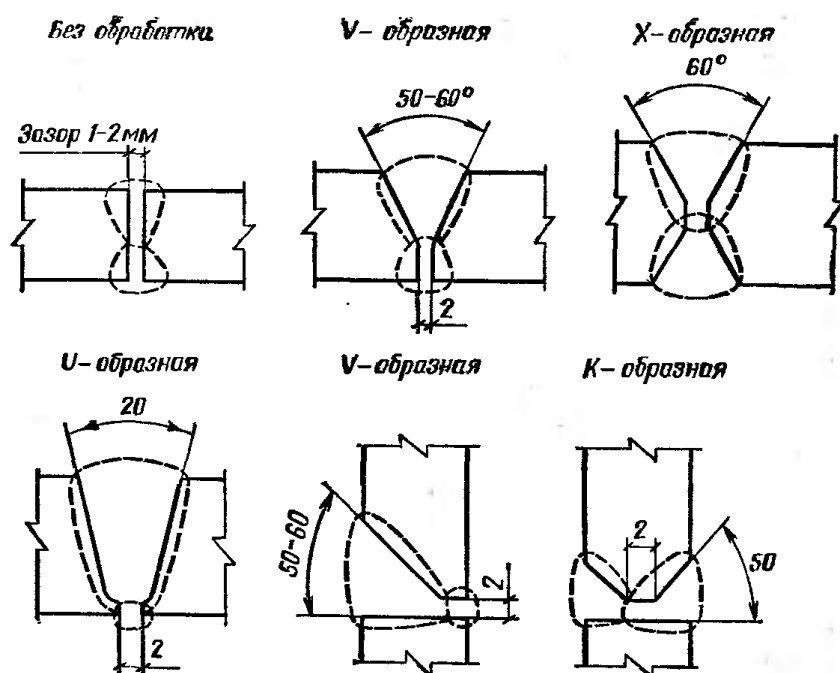
На чертежах монтажные швы обозначают крестиками.



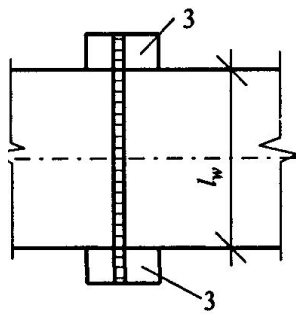
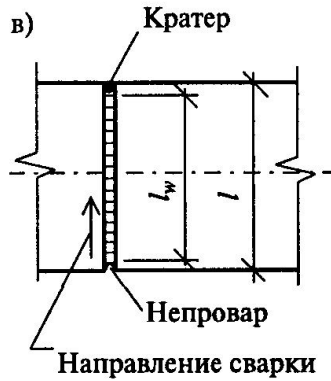
При сварке за один проход накладывается шов высотой до 8мм.



Для улучшения качества шва при толщинах более 8—10 мм кромки стыкуемых элементов необходимо скашивать. Разделки кромок бывают V, X, K и U-образные.

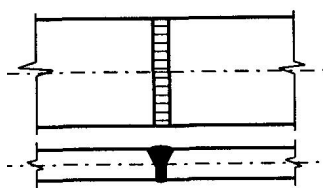
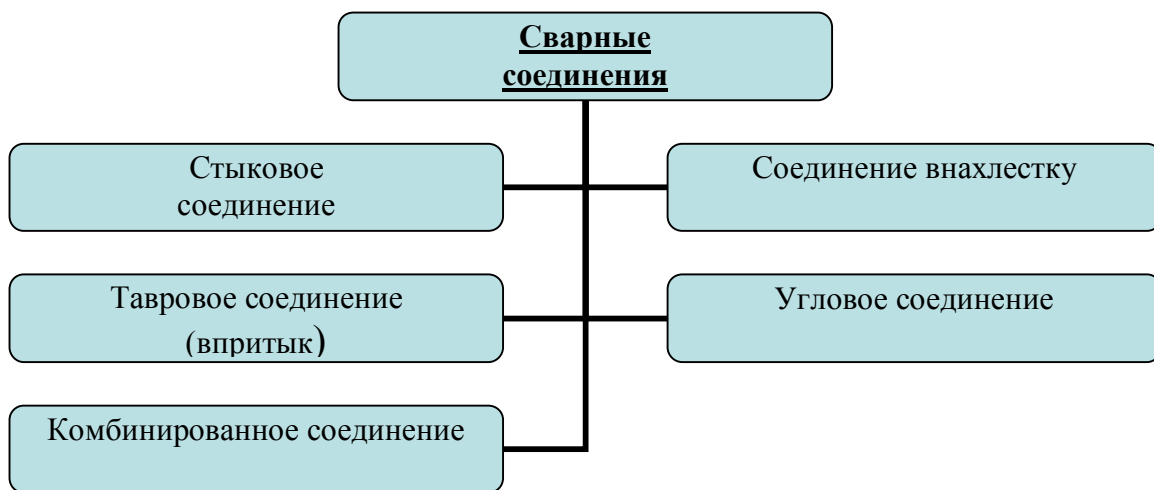


При выполнении соединений могут возникать пороки шва (некачественные участки): в начале движения электрода — **непровар**, при отрыве электрода — **кратер**. Наличие некачественных участков шва учитывается в расчетах уменьшением длины шва по сравнению с длиной соединяемых элементов. Для устранения этих недостатков, швы начинают и заканчивают на технологических планках, при этом расчетная длина шва принимается равной длине соединяемых элементов. Технологические планки после выполнения шва обрубаются, а шов шлифуется.

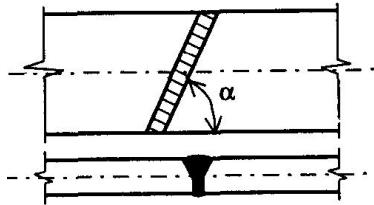


3 – технологическая планка

## 1.2. Виды сварных соединений



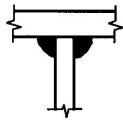
Стыковое соединение. Прямой стыковой шов.



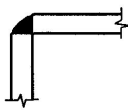
Стыковое соединение. Косой стыковой шов.



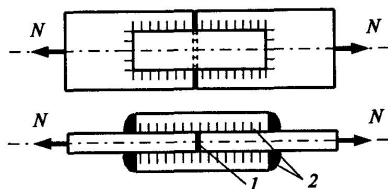
Соединение внахлестку. Угловые швы.



Тавровое соединение. Угловые швы



Угловое соединение. Угловые швы



Комбинированное соединение. 1 – стыковой шов  
2 – угловые швы

### Условное изображение сварных соединений

Наименование	Изображения шва	
	Заводской	Монтажный
Шов сплошной с видимой стороны		XXXXXXXXXX
То же с невидимой стороны		XXX XXX XXX
Шов таврового или нахлесточного соединения сплошной с видимой стороны		XXXXXXXXXX
То же с невидимой стороны		XXX XXX XXX

## 2. Расчет стыковых швов.

Стыковые швы — самые надежные, они вызывают наименьшие концентрации напряжений.

Стыковые швы при сжатии равнопрочны основному металлу, а при растяжении прочность их на 15% меньше.

Слабое место любого шва — его начало и конец, поэтому расчетную длину шва принимают меньше фактической длины (на непровар в начале и на кратер в конце шва, являющиеся концентраторами напряжений). В стыковых швах длина шва уменьшается на две толщины соединяемых элементов.

При работе на растяжение или сжатие стыковой сварной шов рассчитывается по формуле

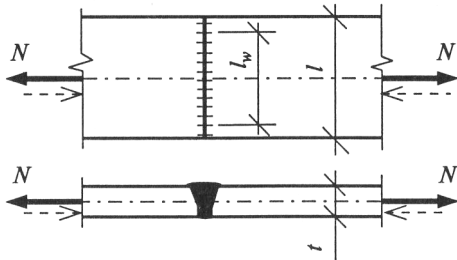
$$\sigma_{\omega} = \frac{N}{t l_{\omega}} \leq \frac{R_{\omega y} \gamma_c}{\gamma_n},$$

где  $l_{\omega}$  — расчетная длина шва;  $l_{\omega} = l - 2t$ ;

$t$  — расчетная толщина шва, равная наименьшей толщине соединяемых элементов;

$R_{\omega y}$  — расчетное сопротивление стыкового шва (при работе на растяжение, изгиб

$R_{\omega y} = 0,85R_y$ ; в остальных случаях  $R_{\omega y} = R_y$ ).

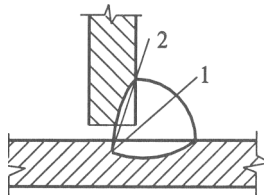


Применяя для соединения листов, косые стыковые швы, тем самым увеличиваем длину шва, и при углах наклона швов  $< 67^\circ$  получаем соединение, не уступающее по прочности основному металлу, такие стыковые швы можно не рассчитывать.

### 3. Расчет углового сварного шва на растяжение и сжатие.

Прочность угловых швов зависит от вида сварки, сварочных материалов и от прочности свариваемой стали.

Угловые сварные швы рассчитываются по двум сечениям: по металлу шва (сечение 1) и по металлу границы сплавления (сечение 2):



а) Расчет по металлу шва. Условие прочности: 
$$\frac{N}{\beta_f k_f l_{\omega}} \leq \frac{R_{\omega f} \gamma_{\omega f} \gamma_c}{\gamma_n}$$

б) Расчет по границе сплавления. Условие прочности: 
$$\frac{N}{\beta_z k_f l_{\omega}} \leq \frac{R_{\omega z} \gamma_{\omega z} \gamma_c}{\gamma_n},$$

где  $\gamma_{\omega f}, \gamma_{\omega z}$  — коэффициенты условий работы шва, равные 1 во всех случаях, кроме конструкций, возводимых в районах Севера;

$l_{\omega}$  — расчетная длина шва, принимаемая меньше его полной длины на 10мм,  $l_{\omega} = l - 10$  мм;

$R_{\omega f}$  — расчетное сопротивление углового шва, при расчете по металлу шва, принимается по таб.56 СНиП II-23-81\*;

$R_{\omega z}$  — расчетное сопротивление углового шва при расчете границе сплавления, определяется по формуле  $R_{\omega z} = 0,45R_{un}$ .

$k_f$  - высота катета шва, минимальные катеты швов назначаются по таб. 38\*СНиП II-23-81\*.

#### 4. Конструктивные требования, предъявляемые к сварным швам.

Для предупреждения возможности хрупкого разрушения сварного шва необходимо:

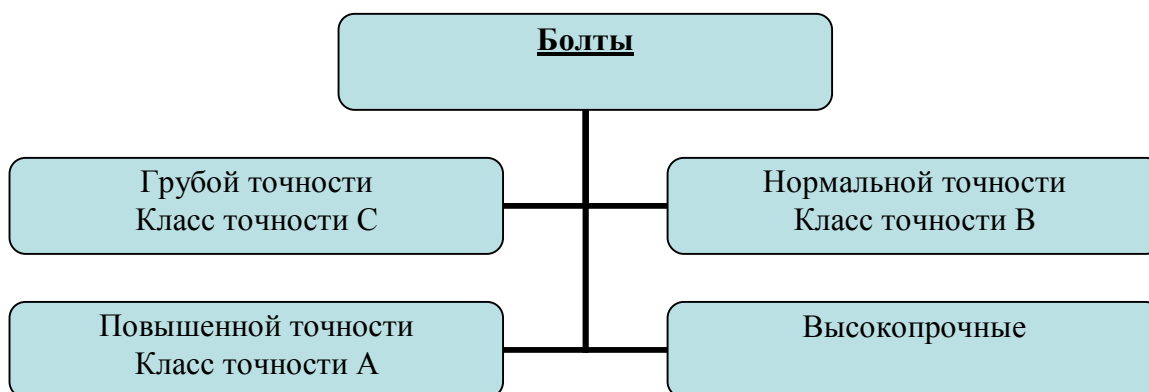
- а) предпочитать стали спокойных плавок, марку стали и материалы для сварки выбирать строго в зависимости от условий работы конструкции;
- б) стремиться к снижению концентраций напряжений, сварочных напряжений и деформаций. Особенно опасны концентраторы, расположенные в сильно напряженных сечениях и ориентированные поперек направления растягивающих напряжений;
- в) избегать сварки при низких температурах.

Для уменьшения концентрации напряжений необходимо:

- а) избегать пересечений швов и скоплений их в одном месте;
- б) принимать число и размеры сварных швов минимально необходимыми;
- в) предпочитать угловым швам стыковые (с подваркой корня);
- г) избегать резких геометрических концентраторов напряжений (острых и прямых входящих углов, надрезов, щелей, резких изменений сечений и т. п.);
- д) переходы от одной толщины (ширины) к другой устраивать плавными;

#### 5. Соединения на болтах и заклепках.

Болтовые соединения применяют для соединения металлических конструкций при монтаже. Болтовые соединения металлических конструкций по сравнению со сварными соединениями более металлоемки, и отверстия для болтов ослабляют сечения соединяемых элементов, но их использование значительно проще, так как не требуют сварочного оборудования.



**Болты грубой и нормальной точности** используются трех диаметров—16, 20, 24мм и двух классов прочности— 5.8 и 5.6 (первое число, умноженное на 100, определяет минимальное временное сопротивление, МПа; произведение чисел, умноженное на 10, равно пределу текучести, МПа).




Отверстие для болта грубой и нормальной точности делают на 2мм больше диаметра стержня. Это очень облегчает постановку болтов: их можно ставить даже при небольшом несовпадении центров отверстий (так называемой черноте). Но из-за больших зазоров в соединениях при работе их на срез наблюдаются и большие сдвиги.

Применение болтов грубой и нормальной точности:

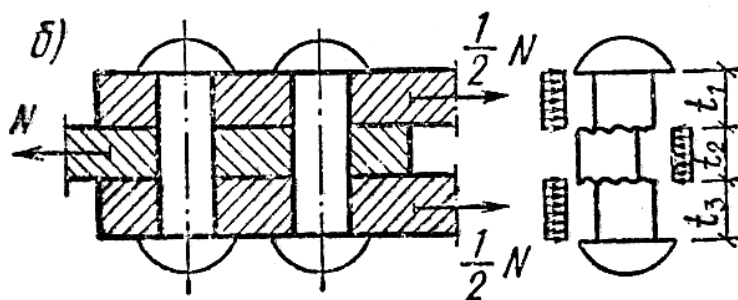
- а) на монтаже для фиксации положения элементов;
- б) в случаях, когда болты работают на растяжение, а значительные вертикальные силы (при креплении ферм, ригелей рам и т. п. воспринимают специальные упоры — столики).

**Болты повышенной точности** – отверстия для таких болтов просверлены на проектный диаметр. Соединение на таких болтах малодеформативно. Это улучшает работу соединения.

## Условные обозначения отверстий и болтов

Вид отверстия	Обозначение	Виды болтов	Обозначение
Круглое		Постоянные болты в заводских и монтажных соединениях	
Овальное		Временные болты в монтажных соединениях	
		Высокопрочные болты	

Основной вид работы болтовых (заклепочных) соединений — работа на сдвиг. При этом болты могут разрушаться от перерезывания их стержней по плоскости среза или от смятия поверхностей отверстий сопрягаемых элементов. Силы смятия могут вызвать выкол между отверстием и краем элемента. Кроме того, болтовые соединения могут работать на растяжение.



Расчет прочности болтовых (заклепочных) соединений производится в предположении равномерного распределения усилий между болтами или заклепками. Расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом, определяют по формулам:

- на срез  $N_b = R_{bs} \gamma_b A n_s$ ;
- на смятие  $N_b = R_{bp} \gamma_b d \sum t$ ,

где  $R_{bs}, R_{bp}$  — расчетные сопротивления болтовых соединений, принимаются по таб. 58\*, 59\* СНиП II-23-81\*;

$A$  — расчетная площадь сечения стержня болта, определяется по формуле  $A = \pi d^2 / 4$ ;

$\sum t$  — наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении;

$n_s$  — число расчетных срезов одного болта;

$\gamma_b$  - коэффициент условия работы болтового соединения, принимается по таб.35\* СНиП II-23-81\*.

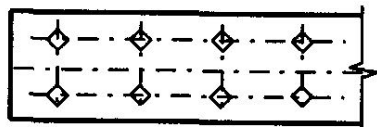
Количество болтов в соединении при действии продольной силы следует определять по формуле:

$$n = \frac{N \gamma_n}{\gamma_c N_{\min}}$$

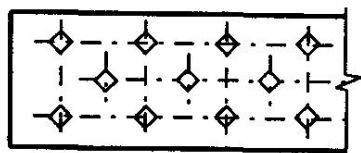


где  $N_{\min}$  - меньшее из значений расчетного усилия для одного болта, взятое из условий прочности на срез или смятие.

Болты расставляются рядами или в шахматном порядке. Расстояние между центрами болтов и от центра болта до края элемента определяются по таб. 39\* СНиП II-23-81\*.



Размещение болтов рядами



Размещение болтов в шахматном порядке

**РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКЛЕПОК И БОЛТОВ**

Характеристика расстояния	Расстояния
<b>Между центрами заклепок и болтов в любом направлении:</b>	
а) минимальное	$3d$
б) максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков, при растяжении и сжатии	$8d$ или $12\delta$
в) максимальное в средних рядах, а также в крайних при наличии окаймляющих уголков:	
при растяжении	$16d$ или $24\delta$
при сжатии	$12d$ или $18\delta$
<b>От центра заклепки или болта до края элемента:</b>	
а) минимальное вдоль усилия	$2d$
б) минимальное поперек усилия:	
при обрезных кромках	$1,5d$
при прокатных кромках	$1,2d$
в) максимальное	$4d$ или $8\delta$

Обозначения:  $d$  — диаметр отверстия для заклепки или болта;  $\delta$  — толщина наиболее тонкого наружного элемента.