# Соединения металлических конструкций

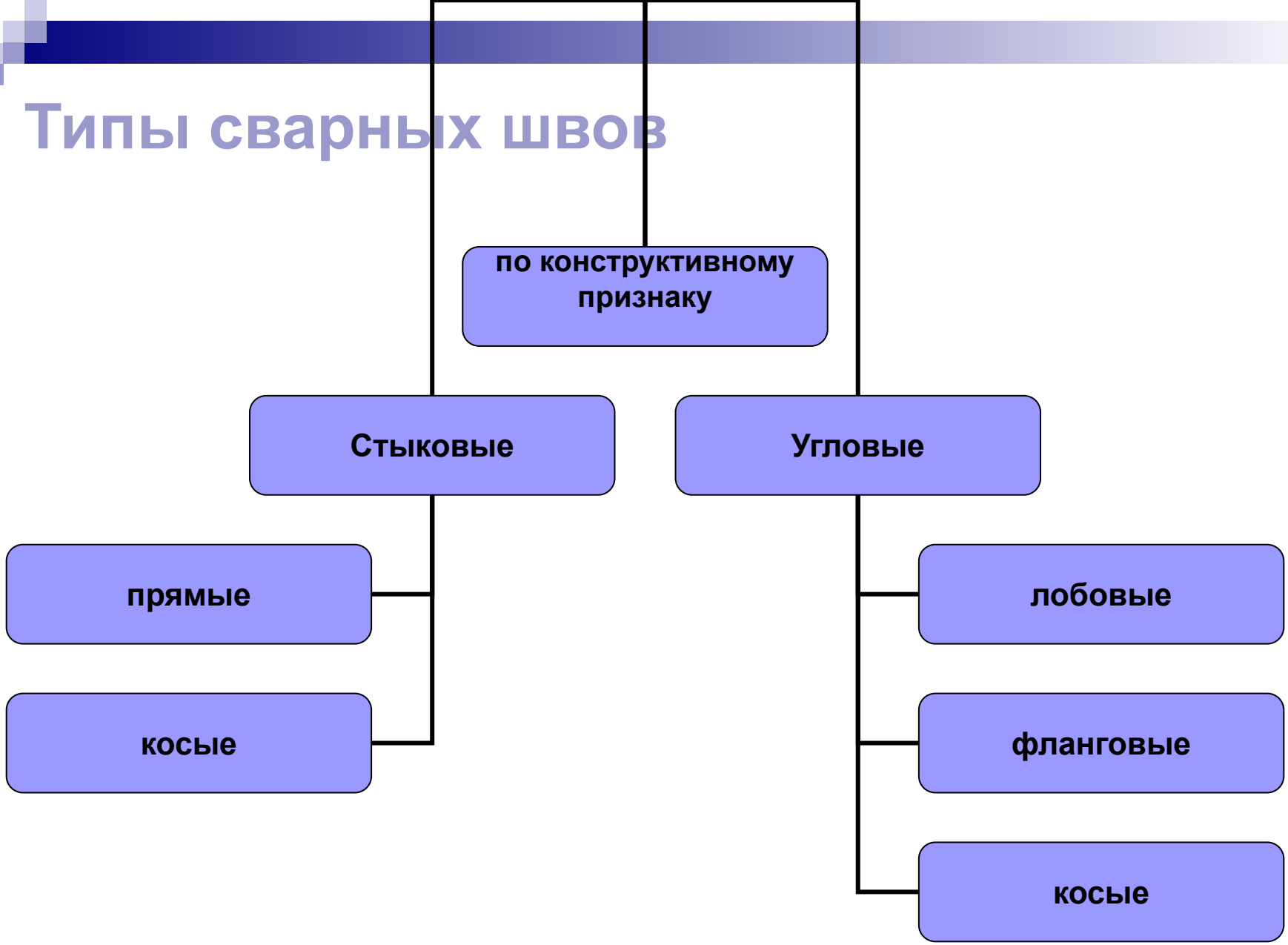
**План.**

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

# Сварные соединения. Общие сведения

- **Достоинства сварных соединений:**
- а) снижение расхода стали на 10—20 %;
- б) уменьшение трудоемкости изготовления до 20 %;
- в) сравнительная простота автоматизации;
- г) возможность создания конструкций, невыполнимых при других типах соединений.
- **недостаток сварных соединений** — чувствительность к концентрациям напряжений, в результате чего при воздействии низких температур и динамических нагрузок возможно их хрупкое разрушение.

# Типы сварных швов



# Типы сварных швов

**по способу изготовления**

Заводские

Монтажные

## Условное изображение сварных соединений

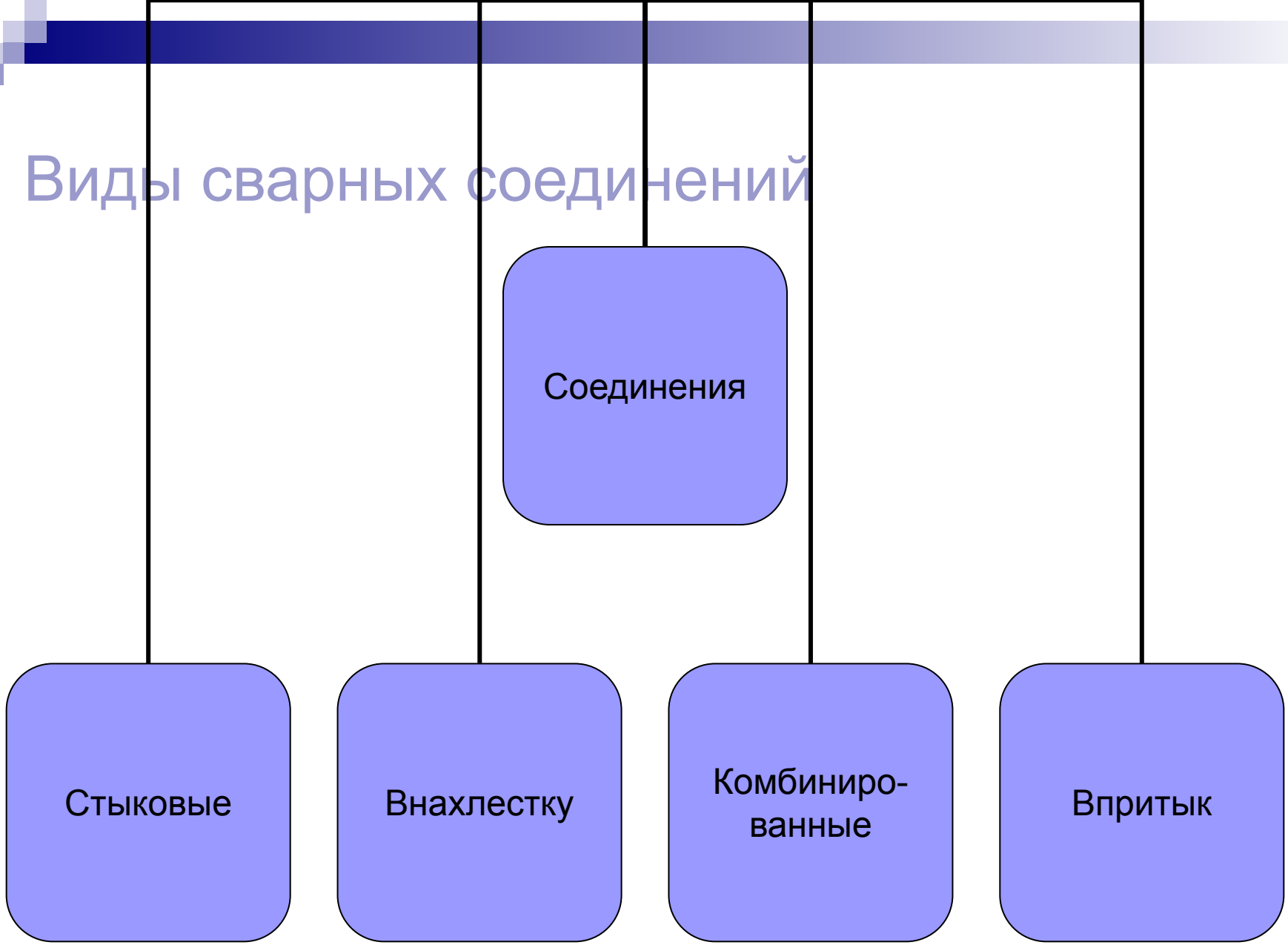
| Наименование | Изображения шва | |
|---|---|---|
| | Заводской | Монтажный |
| Шов сплошной с видимой стороны | | |
| То же с невидимой стороны | | |
| Шов таврового или нахлесточного соединения сплошной с видимой стороны | | |
| То же с невидимой стороны | | |

# Типы сварных швов

**Сварные швы по положению в пространстве в процессе сварки**

- нижние
- горизонтальные
- вертикальные
- потолочные

# Виды сварных соединений



# Стыковые соединения

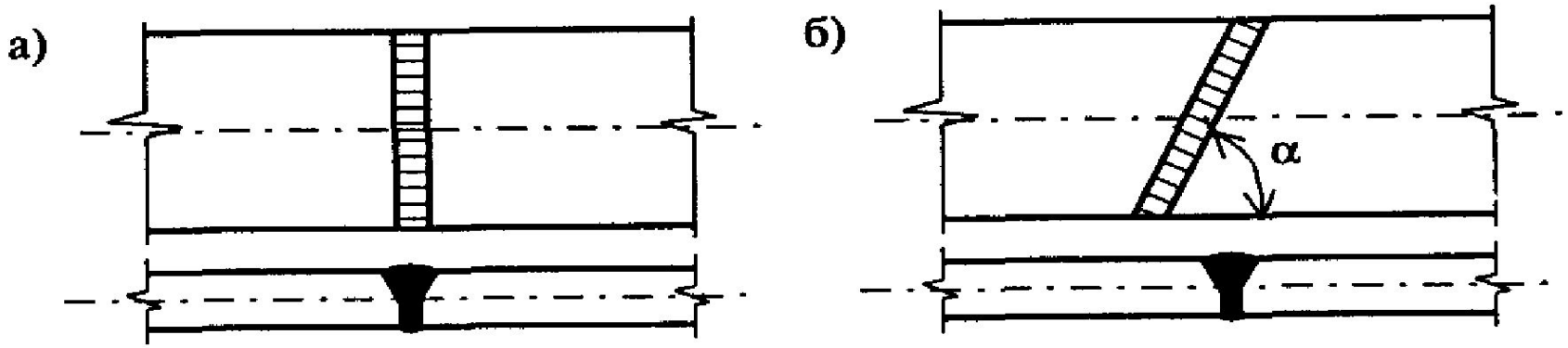



*Рис. 8.1. Стыковые сварные соединения: а) прямой стыковой шов; б) косой стыковой шов, α = 45–60°*

# Соединения внахлестку

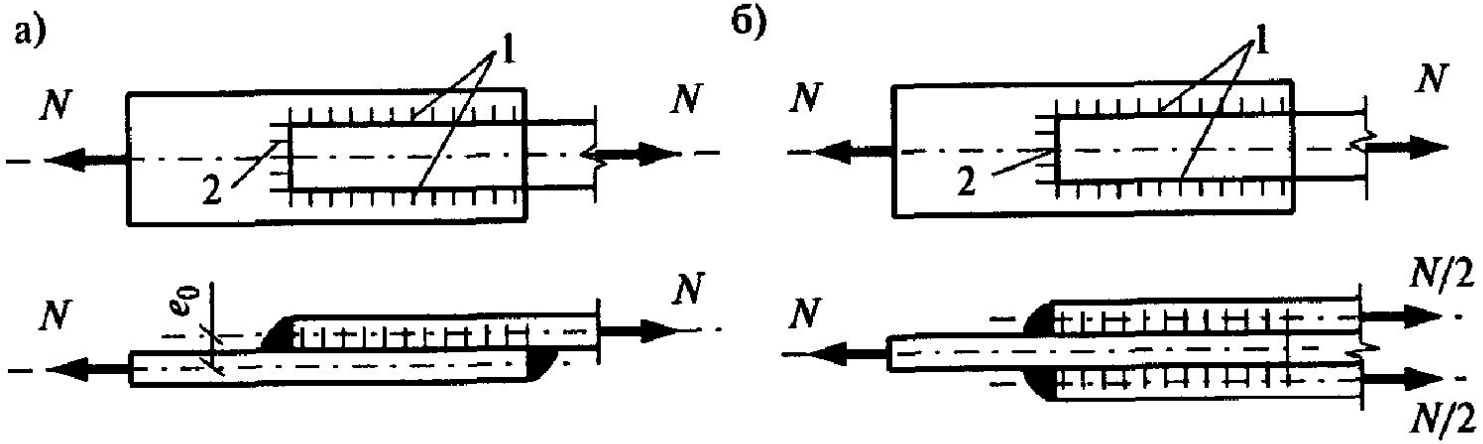



*Рис. 8.2. Соединение внахлестку:*
*а) несимметричное соединение; б) симметричное соединение;*
*1 — фланговый угловой шов 2 — фронтальный угловой шов*

# Соединение впритык

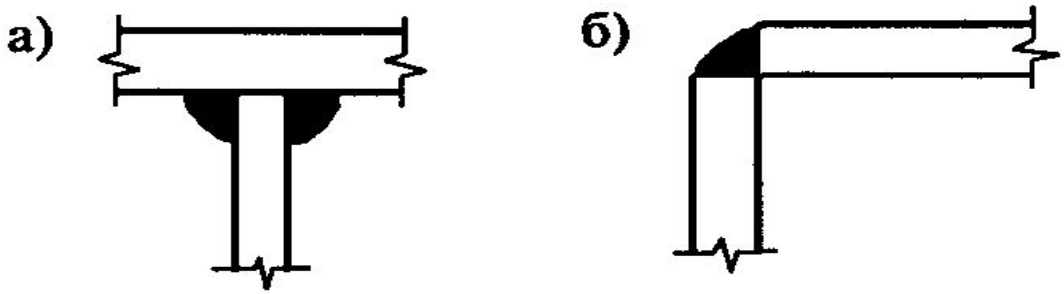



*Рис. 8.4. Соединение впритык:*
*а) тавровое соединение; б) угловое соединение*

# Комбинированное соединение

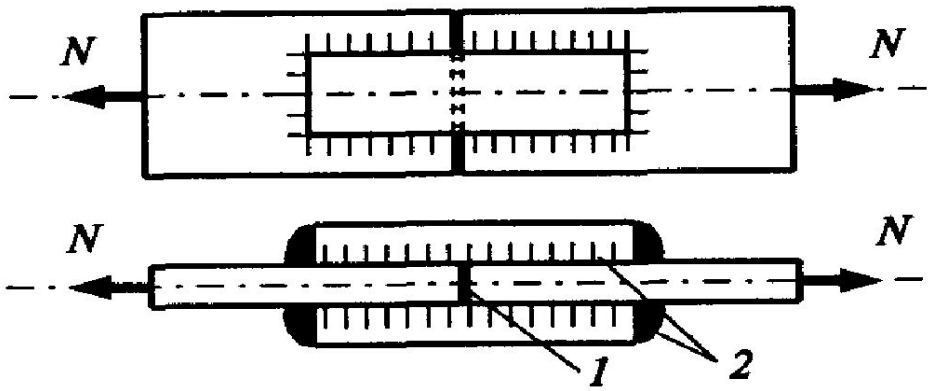



*Рис. 8.3. Комбинированное соединение: 1 — стыковой шов; 2 — угловые швы*

# Виды сварных соединений

- Для улучшения качества шва при толщинах более 8—10 мм необходимо выполнять разделку кромок стыкуемых элементов
- При выполнении соединений могут возникать пороки шва : 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

# Виды сварных соединений

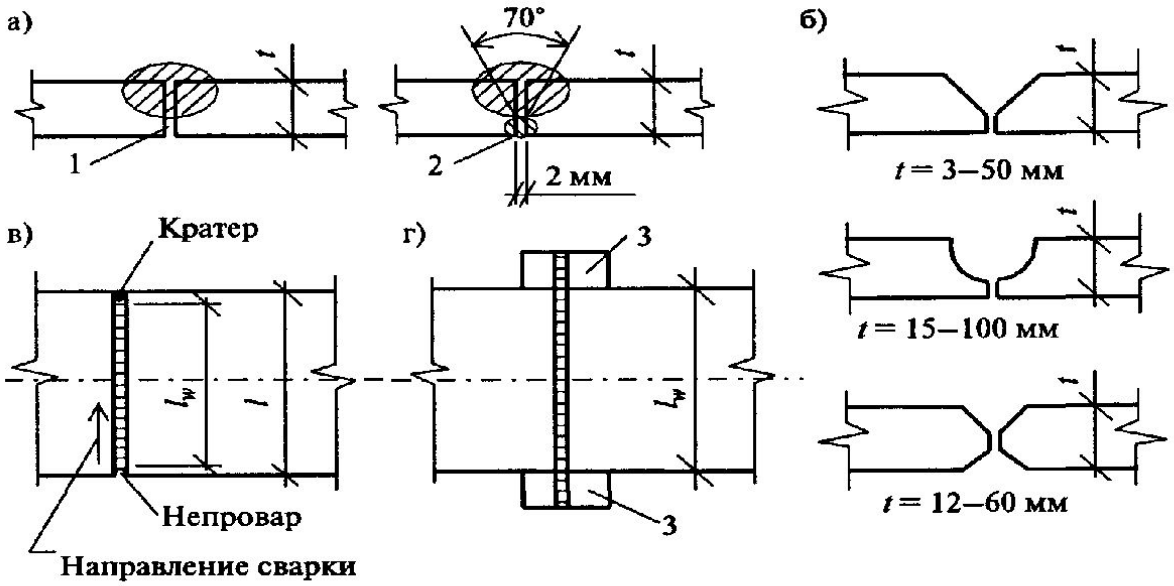


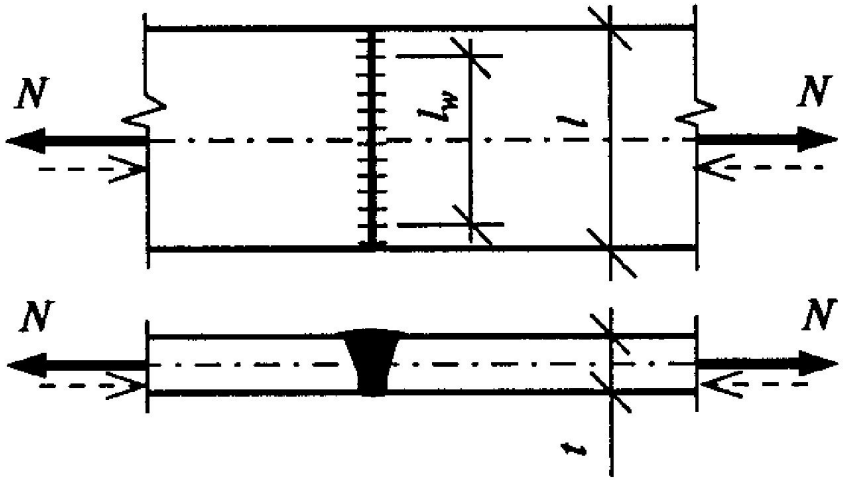

*Рис. 8.5. Выполнение сварных соединений: а) подварка корня шва; б) разделка кромок соответственно: V-образная, U-образная, X-образная; в) образование непровара и кратера по длине шва; г) выполнение шва на технологических подкладках; 1 — непровар корня шва; 2 — подварка корня шва; 3 — технологические подкладки*

# 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). В стыковых швах длина шва уменьшается на две толщины соединяемых элементов

# Расчет стыковых швов

- Условие прочности




$$\sigma_w = \frac{N}{t l_w} \le R_{wy} \gamma_c, \qquad (8.1)$$

где $l_w$ — расчетная длина шва; $l_w = l - 2t$ (рис. 8.6) (при сварке с технологическими планками $l_w = l$);

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

# Расчет стыковых швов

$R_{wy}$ — расчетное сопротивление стыкового шва (при работе на растяжение, изгиб; при визуальном контроле качества шва и ручной или полуавтоматической сварке $R_{wy} = 0{,}85R_y$; в остальных случаях $R_{wy} = R_y$, значение $R_y$ — см. табл. 2.2);

$\gamma_c$ — коэффициент условий работы.

Применяя для соединения листов косые стыковые швы, тем самым увеличиваем длину шва, и при углах наклона швов < 67° получаем соединение, не уступающее по прочности основному металлу, такие стыковые швы можно не рассчитывать (см. рис. 8.1, *б*).

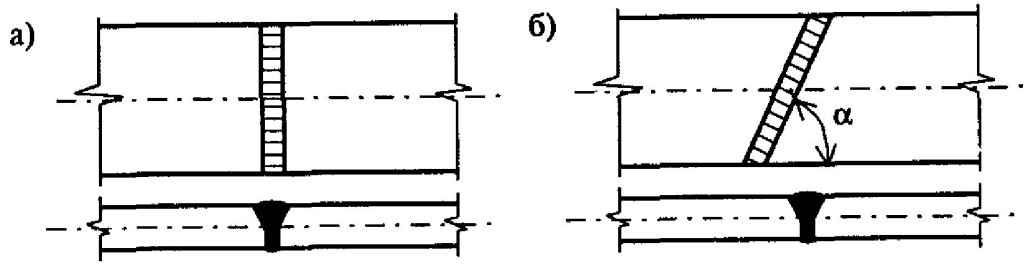
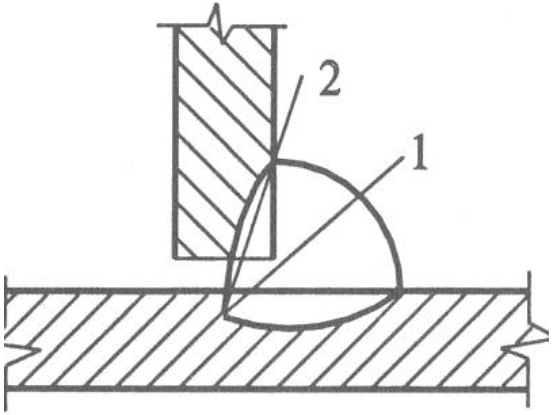



*Рис. 8.1. Стыковые сварные соединения: а) прямой стыковой шов; б) косой стыковой шов, α = 45–60°*

# Расчет угловых швов

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



# Расчет угловых швов

- а) расчет по металлу шва:

$$\frac{N}{\beta_f k_f l_\omega} \le \frac{R_{\omega f}\gamma_{\omega f}\gamma_c}{\gamma_n}$$

- б) расчет по границе сплавления:

$$\frac{N}{\beta_z k_f l_\omega} \le \frac{R_{\omega z}\gamma_{\omega z}\gamma_c}{\gamma_n}$$

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 $R_{\omega z} = 0{,}45 R_{un}$.

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

# Конструктивные требования, предъявляемые к сварным швам

- Для предупреждения возможности хрупкого разрушения 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;
- в) избегать сварки при низких температурах.

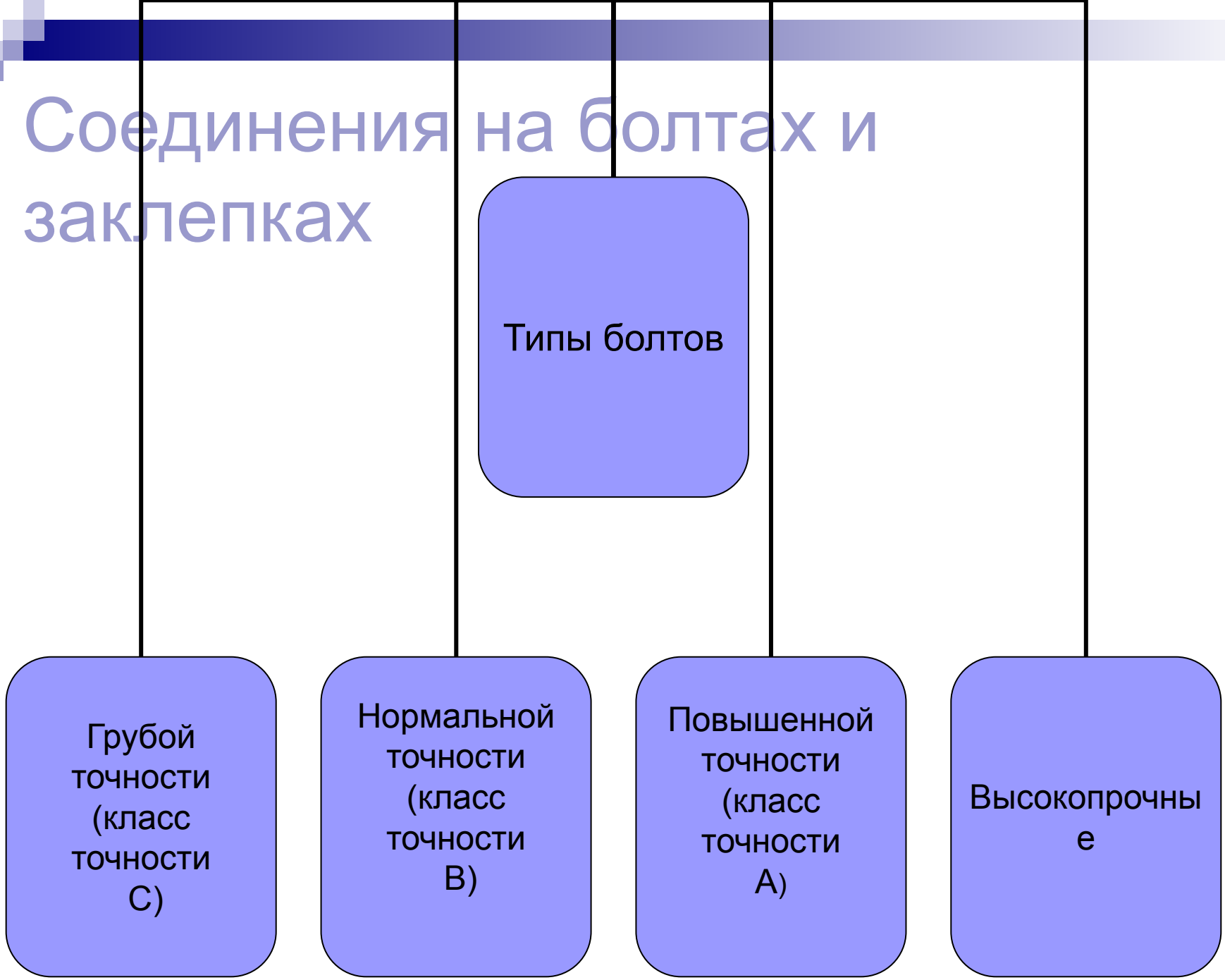
# Конструктивные требования, предъявляемые к сварным швам

- 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;

## Соединения на болтах и заклепках

- **Достоинства болтовых соединений:**
- их использование значительно проще, так как не требуется сварочное оборудование.
- **недостатки болтовых соединений**:
- а) сравнению со сварными соединениями более металлоемки;
- б) отверстия для болтов ослабляют сечения соединяемых элементов

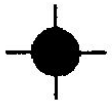
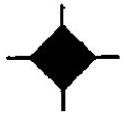
# Соединения на болтах и заклепках



# Соединения на болтах и заклепках

- 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).

**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 | |

# Соединения на болтах и заклепках

- Основной вид работы болтовых (заклепочных) соединений — работа на сдвиг
- Разрушение соединения может быть от:
- 1) перерезывания болтов по плоскости среза
- 2) смятия поверхностей отверстий сопрягаемых элементов

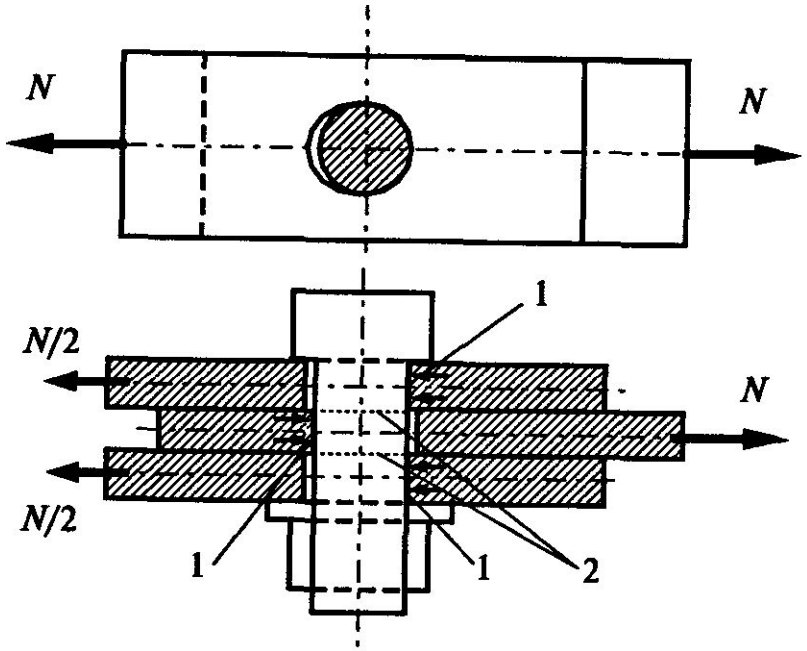



Рис. 8.10. Работа болтового соединения на сдвиг:
1 смятие листов; 2 плоскости среза болта

# Соединения на болтах и заклепках

- Расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом, определяют по формулам

на срез $N_b = R_{bs}\gamma_b A n_s$;
на смятие $N_b = R_{bp}\gamma_b d\sum t$;
на растяжение $N_b = R_{bt}A_{bn}$.

$R_{bs}$, $R_{bp}$, $R_{bt}$ — расчетные сопротивления болтовых соединений (см. табл. 58*,59* СНиП II-23-81*);

$d$ — наружный диаметр стержня болта;

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

$A_{bn}$ — площадь сечения болта нетто (см. табл. 62* СНиП II-23-81*);

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

$n_s$ — число расчетных срезов одного болта;

$\gamma_b$ — коэффициент условий работы соединения, который следует принимать по табл. 8.3.

# Соединения на болтах и заклепках

*Таблица 8.3*

**Коэффициенты условий работы болтовых соединений (*табл.* 35* СНиП II-23-81*)**

| Характеристика соединения | Коэффициент условий работы соединения $\gamma_b$ |
|---|---|
| 1. Многоболтовое в расчетах на срез и смятие при болтах: | |
| класса точности А | 1,0 |
| класса точности В и С, высокопрочных с нерегулируемым натяжением | 0,9 |
| 2. Одноболтовое и многоболтовое в расчете на смятие при $a = 1{,}5d$ и $b = 2d$ в элементах конструкций из стали с пределом текучести, МПа: | |
| до 285 | 0,8 |
| св. 285 до 380 | 0,75 |

*Обозначения, принятые в таблице:*
$a$ — расстояние вдоль усилия от края элемента до центра ближайшего отверстия; $b$ — то же между центрами отверстий;
$d$ — диаметр отверстия для болта. *Примечание*: Коэффициенты, установленные в поз. 1 и 2, следует учитывать одновременно.

# Соединения на болтах и заклепках

Количество $n$ болтов в соединении при действии продольной силы $N$ следует определять по формуле

$$n \geq \frac{N}{\gamma_c N_{min}}, \qquad (8.10)$$

где $N_{min}$ — меньшее из значений расчетного усилия для одного болта, взятое из условий прочности на срез или смятие (на растяжение для растянутых болтов).

# Соединения на болтах и заклепках

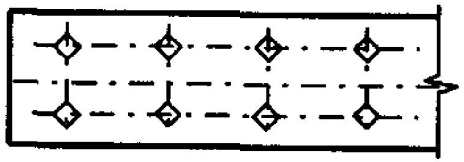
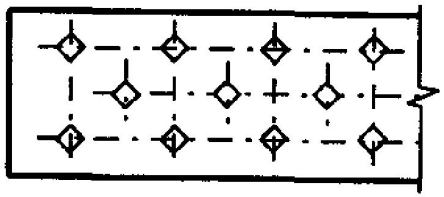
Расстояние между центрами болтов в любом направлении:

- минимальное 2,5*d* (для соединяемых элементов из стали с пределом текучести свыше 380 МПа — 3*d*);
- максимальное 8*d* или 12*t*.

Расстояние от центра болта до края элемента:

- минимальное вдоль усилия 2*d*;
- минимальное поперек усилия, при обрезанных кромках листов 1,5*d*, прокатных кромках 1,2*d*;
- максимальное 4*d* или 8*t*.

а)



б)