

Основные понятия деформации среза

Деформация, при которой в поперечном сечении бруса действует один силовой фактор - поперечная сила, **называется срезом (сдвигом)**.

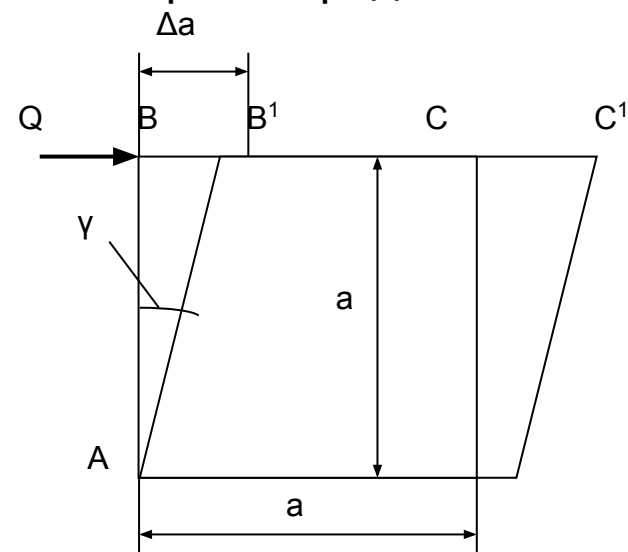
В поперечном сечении бруса действуют касательные напряжения, τ_{cp} , которые определяются по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{Q}{A \cdot i},$$

Расстояние Δa (отрезок BB^1), на которое одна из граней (BC) прямоугольного параллелепипеда перемещается относительно противоположной грани (AD), называется **абсолютным сдвигом**.

Малый угол, γ , на который изменяется первоначально прямой угол между любыми пересекающимися прямыми (AB и AD) на поверхности бруса, вследствие приложения поперечной силы, называется **углом сдвига**.

Отношение абсолютного сдвига, Δa (отрезка BB^1) к расстоянию между противоположными гранями параллелепипеда, a (отрезок BC), называется **относительным сдвигом**.



Закон Гука при срезе

Закон Гука при сдвиге. Касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении бруса при чистом сдвиге прямо пропорциональны относительному сдвигу:

$$\tau = G\gamma,$$

где G - модуль сдвига, или модуль упругости второго рода; γ - относительный сдвиг.

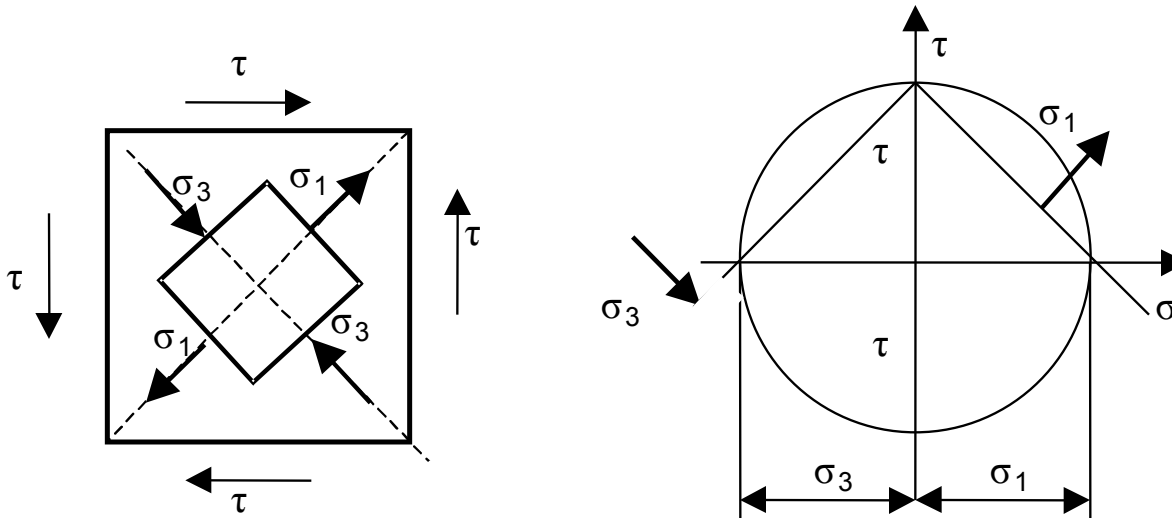
Модулем сдвига или модулем упругости второго рода G , называется физическая постоянная материала характеризующая его способность сопротивляться упругим угловым деформациям, вызванными действием касательных напряжений. Практически для всех марок стали модуль сдвига одинаков и равен $G=8,1 \cdot 10^4$ МПа.

Модуль сдвига G , модулем упругости E и коэффициент Пуассона μ взаимосвязаны между собой по следующей зависимости:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Напряженное состояние при срезе

Принято считать, что материал при срезе находится в плоском напряженном состоянии чистого сдвига.



Главные напряжения при чистом сдвиге, по абсолютной величине, равны наибольшему касательному напряжению τ , соответственно

$$\sigma_1 = \tau; \quad \sigma_2 = 0; \quad \sigma_3 = -\tau$$

Условие прочности при срезе

Расчетные касательные напряжения, действующие в поперечном сечении бруса при срезе не должны превышать допускаемых значений, то есть:

$$\tau_{cp} \leq [\tau]_{cp}$$

Допускаемые напряжения среза принято определять расчетным путем на основании имеющихся значений допускаемых напряжения растяжения по третьей или четвертой теориям прочности. Для пластичных материалов предпочтительнее использовать четвертую теорию прочности

Согласно третьей теории прочности расчетные допускаемые напряжения среза равны:

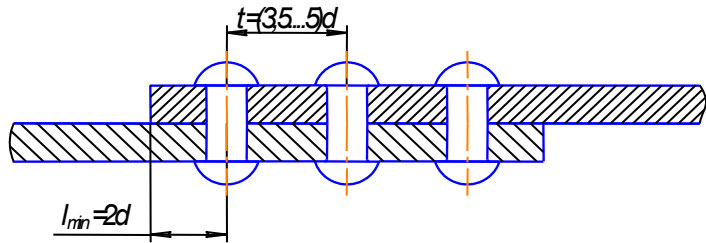
$$[\tau]_{cp} = \frac{[\sigma]_p}{2}$$

Согласно четвертой теории прочности расчетные допускаемые напряжения среза равны:

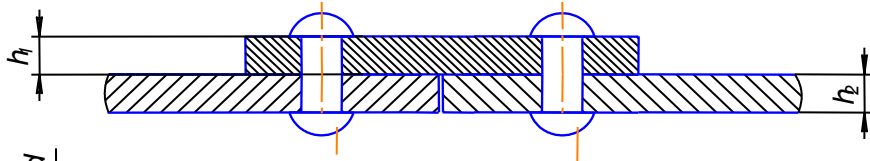
$$[\tau]_{cp} = \frac{[\sigma]_p}{\sqrt{3}} \approx 0,6[\sigma]_p$$

Расчет болтовых и заклепочных соединений

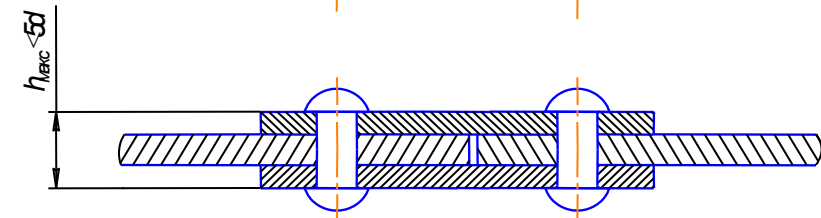
Болтовые и заклепочные соединения, выполненные внахлестку, рассчитывают на прочность по касательным напряжениям среза, а затем выполняют проверочный расчет соединения по нормальным напряжениям смятия.



Заклепочные соединения могут быть выполнены внахлест без накладки.



Заклепочные соединения могут быть выполнены внахлест с одной накладкой.



Заклепочные соединения могут быть выполнены внахлест с двумя накладками.

При расчете на срез болтовых и заклепочных соединений приняты допущения:

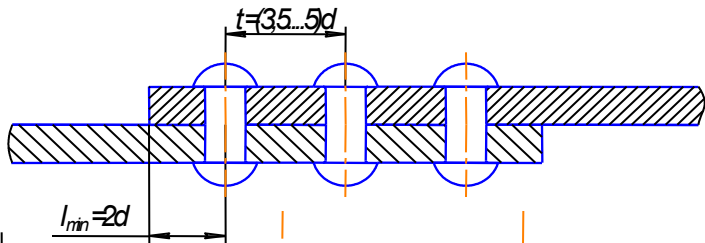
1. Нагрузка равномерно распределяется между рядами и между отдельными болтами или заклепками в ряду.
2. Силы трения между стягиваемыми или склепываемыми деталями отсутствуют.
3. Изгибающий момент, действующий в поперечном сечении болта или заклёпки незначителен, и его можно не учитывать.

Расчет болтовых и заклепочных соединений на срез

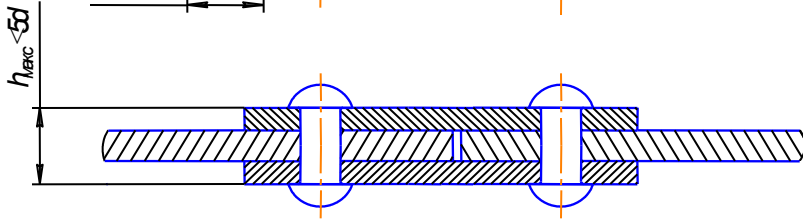
Проверочный расчет

$$\tau_{cp} = \frac{Q}{A_{cp}} = \frac{4Q}{\pi d_1^2 n m} \leq [\tau]_{cp},$$

где d_1 – наименьший диаметр (для болтовых соединений внутренний диаметр резьбы); $[\tau]_{cp}$ – допускаемое напряжение среза; n – общее количество установленных болтов или заклепок; m – число плоскостей среза.



Односрезное заклепочное соединение ($m=1$)



Двухсрезное заклепочное соединение ($m=2$)

Проектный расчет

$$n_{cp} \geq \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot i \cdot [\tau_{cp}]}$$

Расчет болтовых и заклепочных соединений на смятие

1. При расчете на смятие болтовых и заклепочных соединений приняты допущения:
2. Нагрузка равномерно распределяется между рядами и между отдельными болтами или заклепками в ряду;
3. Силы трения между стягиваемыми или склепываемыми деталями отсутствуют;
4. Давления распределяются равномерно по площади проекции цилиндрической поверхности контакта на диаметральною плоскость;
5. Изгибающий момент, действующий в поперечном сечении болта или заклёпки незначителен, и его можно не учитывать.

Проверочный расчет

$$\sigma_{см} = \frac{Q}{ndh} \leq [\sigma]_{см},$$

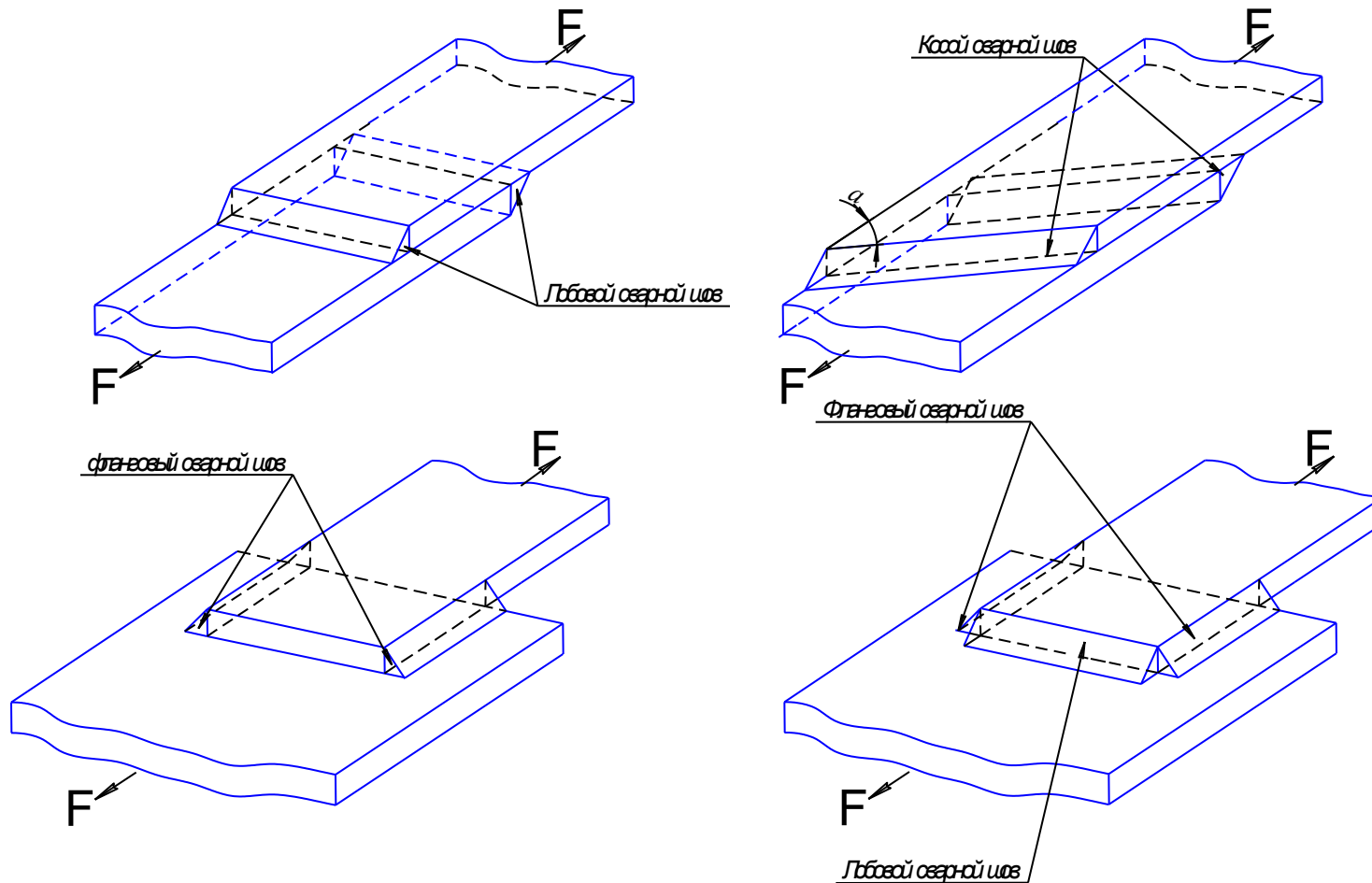
где n – количество болтов или заклепок; d – диаметр болта или заклепки; h – наименьшая из высот склепываемых или стягиваемых деталей; $[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия.

Проектный расчет

$$n_{см} \geq \frac{F}{d \cdot h \cdot [\sigma_{см}]}$$

Расчет сварных соединений

Варианты выполнения нахлесточных сварных соединений

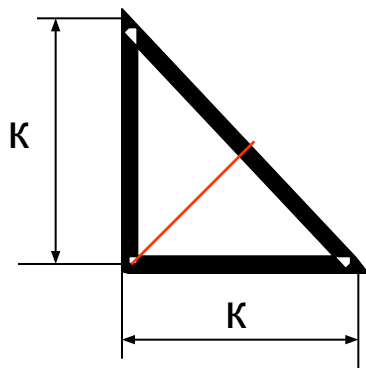


Более распространены на практике фланговые швы, они считаются вязкими и разрушаются после значительных остаточных деформаций. В отличие от фланговых швов, лобовые швы жесткие, потому что разрушаются при весьма малых остаточных деформациях и плохо сопротивляются повторно-переменным и ударным нагрузкам.

Расчет сварных соединений

Приняты следующие допущения:

1. Нормальные напряжения оказывают незначительное влияние на прочность шва и их можно не учитывать;
2. Касательные напряжения равномерно распределены по сечению шва.
3. Сечение сварного шва имеет вид прямоугольного равнобедренного треугольника.
4. Разрушение шва происходит в сечении, проходящем по биссектрисе прямого угла.



Опасное сечение

Проверочный расчет

$$\tau_{cp} = \frac{Q}{A_{cp}} = \frac{Q}{0.7(l_{\phi} + l_{л})k} \leq [\tau']_{cp},$$

Здесь $[\tau']$ – допускаемое напряжение среза для сварного шва определяется через допускаемые напряжения растяжения основного материала $[\sigma]_p$. Принимается при автоматической дуговой сварке $[\tau'] = 0,65[\sigma]_p$, при ручной дуговой сварке $[\tau'] = 0,6[\sigma]_p$,

Проектировочный расчет

$$l \geq \frac{F}{0,7 \cdot [\tau'] \cdot k}$$