

**Сдвиг. Срез.  
Расчеты**



**Сдвигом** называется нагружение, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор - поперечная сила.

Рассмотрим брус, на который действуют две силы  $F$ , равные по величине и противоположно направленные. Эти силы перпендикулярны к оси бруса, и расстояние между ними ничтожно мало. При достаточной величине этих сил происходит срез.

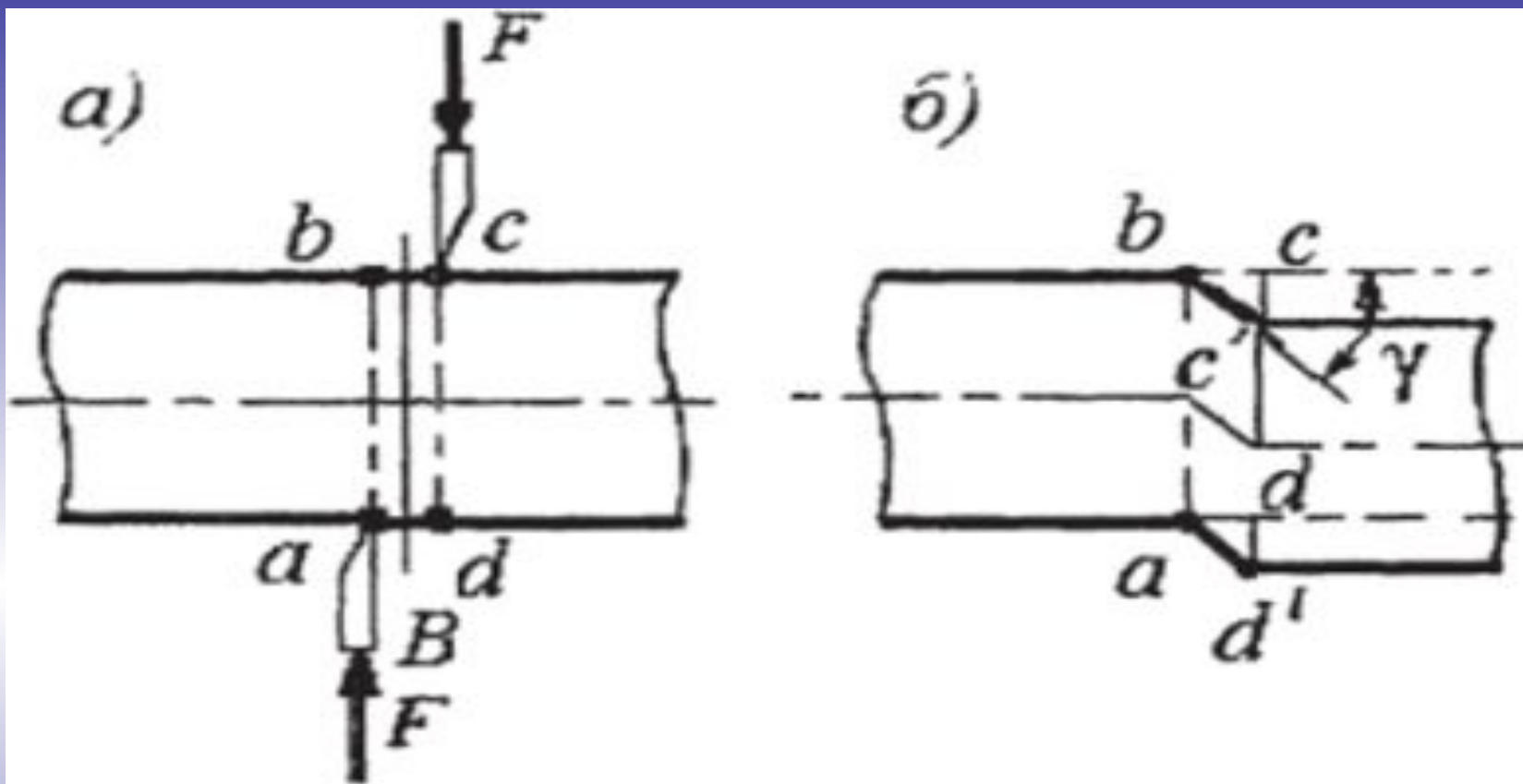


Рисунок 1. Схема деформации сдвига:

а) перерезывающие силы, действующие на брус;

б) деформация элемента бруса  $abcd$

Ввиду малости деформаций угол  $\gamma$  (гамма) можно определить следующим образом:

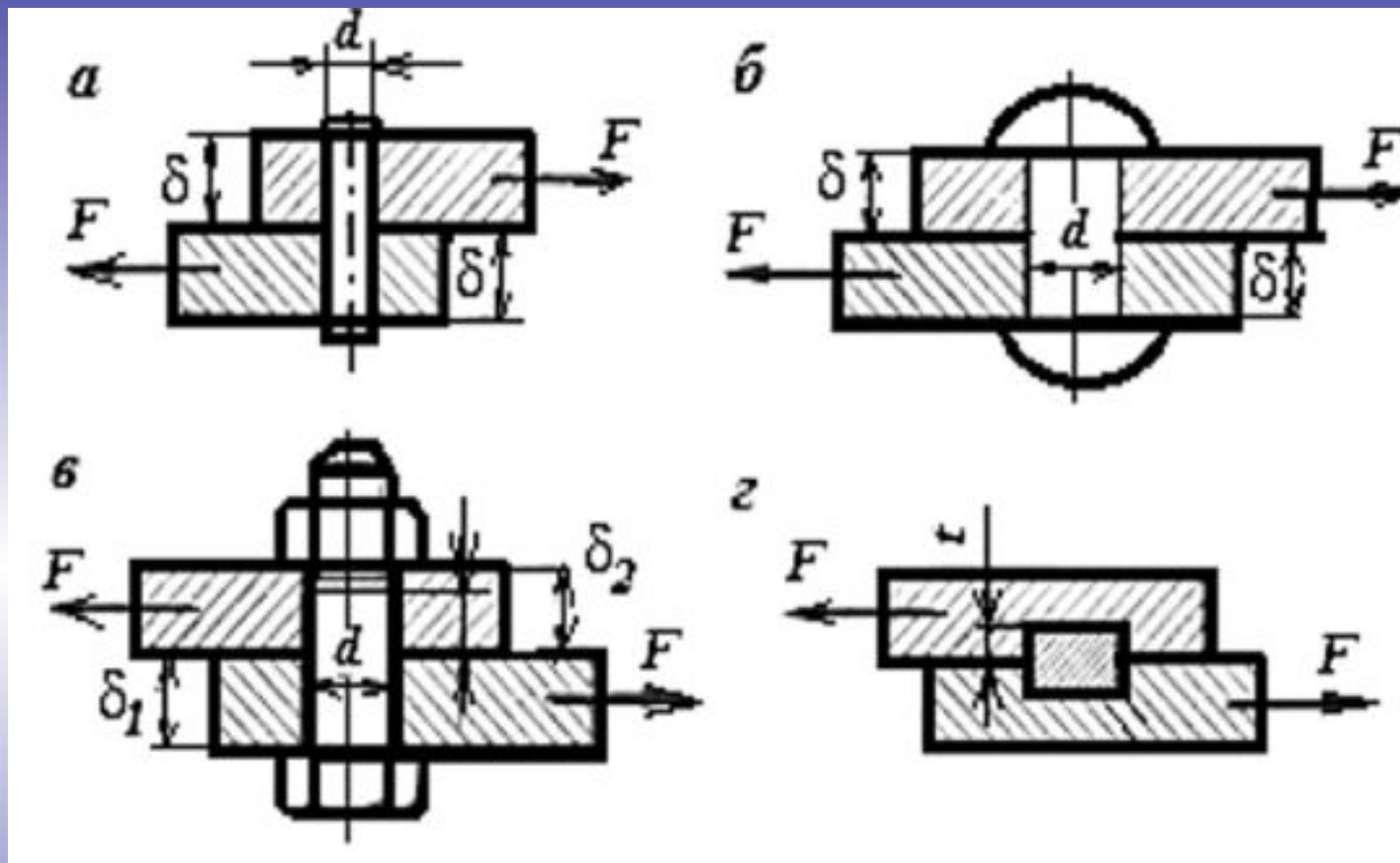
$$\gamma \approx \operatorname{tg} \gamma = \frac{cc'}{bc}.$$

Очевидно, что в сечении АВ из шести внутренних силовых факторов будет возникать только поперечная сила  $Q$ , равная силе  $F$ :

$$Q = F.$$

Данная поперечная сила  $Q$  вызывает появление только касательных напряжений  $\tau_{xy}$ .

Подобная картина наблюдается в деталях, служащих для соединения отдельных элементов машин, - заклепках, штифтах, болтах и т. п., так как они во многих случаях воспринимают нагрузки, перпендикулярные их продольной оси.



Поперечная нагрузка в указанных деталях возникает, в частности, при растяжении (сжатии) соединяемых элементов. На рисунке 2 приведены примеры штифтового (а), заклепочного (б), болтового (в) и шпоночного (г) соединений.

Практические расчеты этих деталей носят весьма условный характер и базируются на следующих основных допущениях:

- 1. В поперечном сечении возникает только один внутренний силовой фактор - поперечная сила  $Q$ .
- 2. Касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении, распределены по его площади равномерно.
- 3. В случае, если соединение осуществлено несколькими одинаковыми деталями (болтами и т. п.), принимается, что все они нагружены одинаково.

На основе сформулированных выше допущений получаем следующее условие прочности на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{Q}{\Sigma A_{ср}} \leq [\tau_{ср}], \quad (30)$$

Расчет на срез обеспечивает прочность соединительных элементов, но не гарантирует надежности конструкции (узла) в целом. Если толщина соединяемых элементов недостаточна, то давления, возникающие между стенками их отверстий и соединительными деталями, получаются недопустимо большими.

В результате стенки отверстий обминаются и соединение становится ненадежным. В случае, если изменение формы отверстия значительно (при больших давлениях), а расстояние от его центра до края элемента невелико, часть элемента может срезаться (выколоться).

При этом давления, возникающие между поверхностями отверстий и соединительных деталей принято называть напряжениями смятия.



Распределение напряжений смятия на поверхности контакта деталей весьма неопределенно и в значительной степени зависит от зазора (в ненагруженном состоянии) между стенками отверстия и болтом (заклепкой и др.).

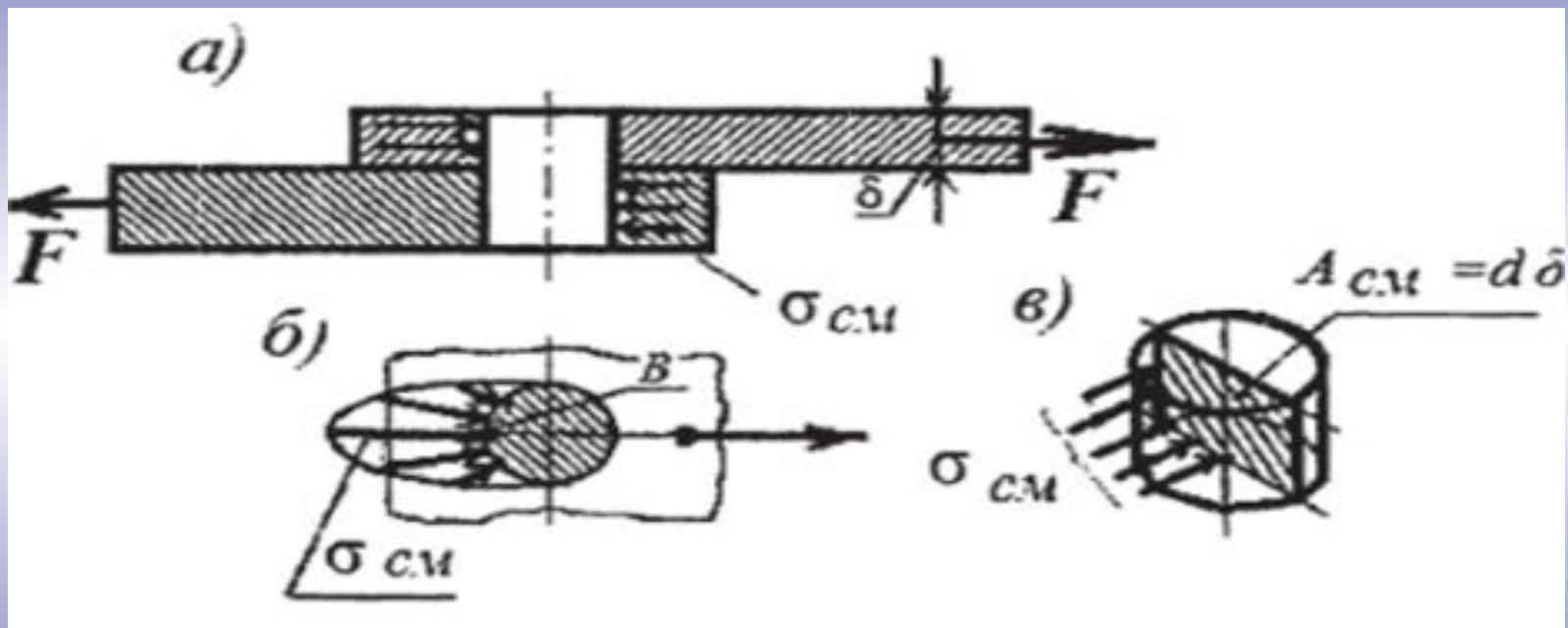


Рисунок 3. Передача давлений на стержень заклепки:

- а) общий вид заклепочного соединения;
- б) распределение напряжений по образующей;
- в) площадь смятия заклепки

Расчет на смятие также носит условный характер и ведется в предположении, что силы взаимодействия между деталями равномерно распределены по поверхности контакта и во всех точках нормальны к этой поверхности.

Соответствующая расчетная формула имеет вид

$$\sigma_{см} = \frac{F}{\Sigma A_{см}} \leq [\sigma_{см}], \quad (31)$$

Помимо расчетов на срез и смятие необходима проверка прочности соединяемых элементов на растяжение по ослабленному сечению. При этом площадь поперечного сечения принимается с учетом ослаблений:

$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{нетто}}} \leq [\sigma], \quad (32)$$

$A_{\text{нетто}}$  - площадь ослабленного сечения.

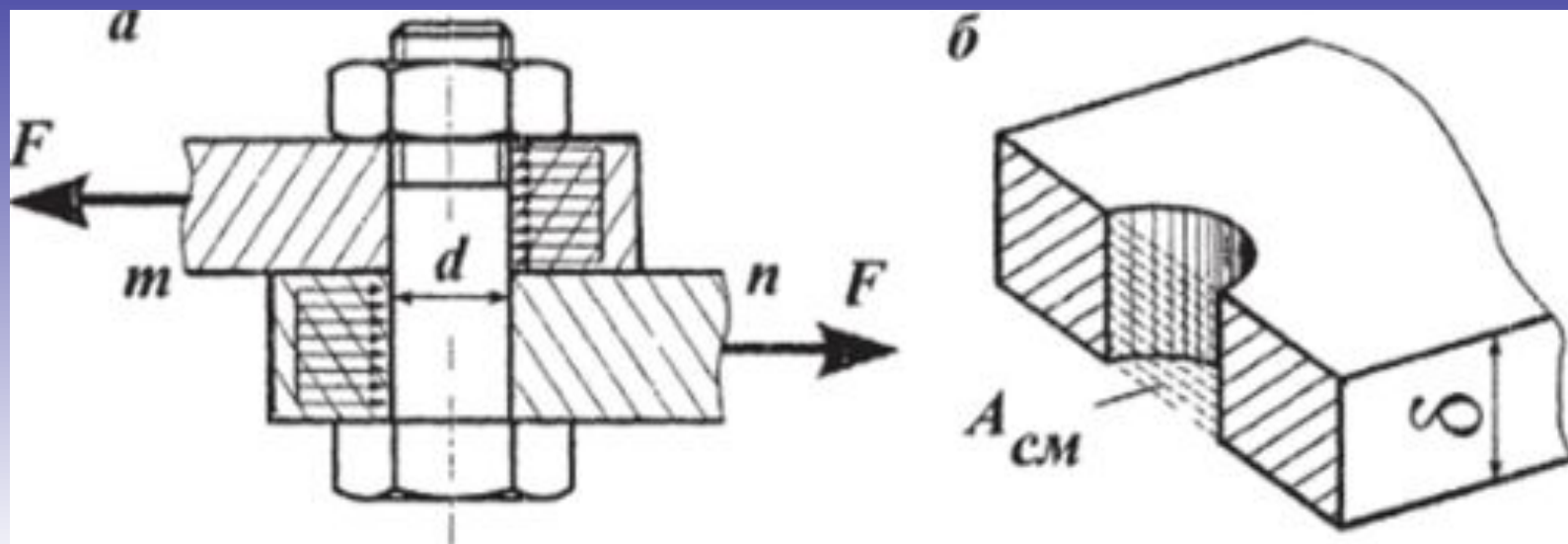


Рисунок 4. Болтовое соединение:  
 а) общий вид; б) площадь смятия

На рис. 4 показано болтовое соединение. Силы  $F$  стремятся сдвинуть листы относительно друг друга. Этому препятствует болт, на который со стороны каждого листа передаются распределенные по контактной поверхности силы, равнодействующая которых равна  $F$ . Эти силы стремятся срезать болт по плоскости раздела листов  $m - n$ , так как в этом сечении действует максимальная поперечная сила  $Q = F$ .

Считая, что касательные напряжения распределены равномерно, получаем

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{F \cdot 4}{\pi d^2}.$$

Таким образом, условие прочности болта на срез принимает вид

$$\frac{4P}{\pi d^2} \leq [\tau].$$

Отсюда можно найти диаметр болта:

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau]}}.$$

При расчете данного болтового соединения следует учитывать, что нагрузки, приложенные к элементам соединений, помимо среза вызывают смятие контактирующих поверхностей.

Тогда условие прочности на смятие болтового соединения:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{\delta \cdot d} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

