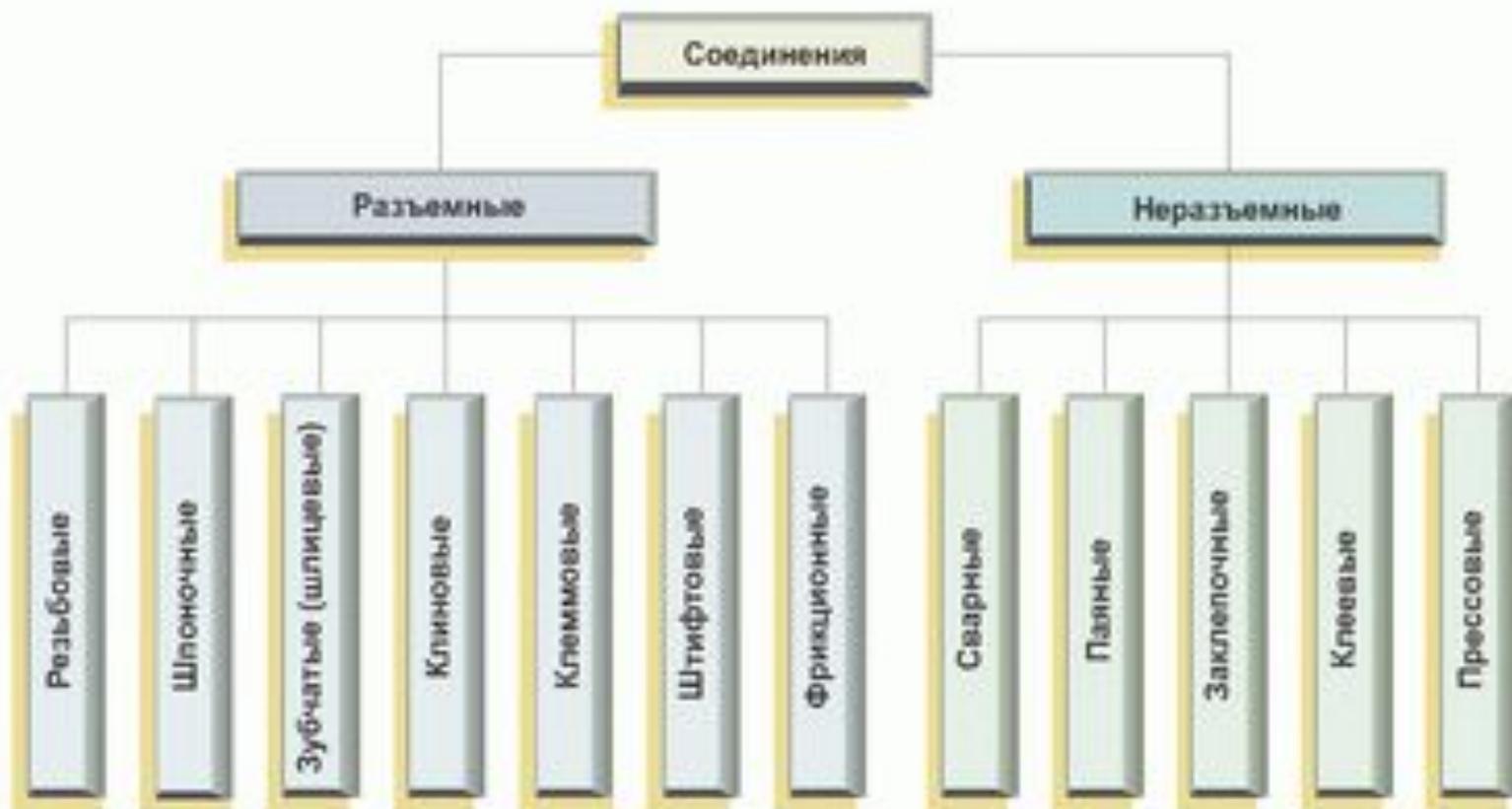




### КЛАССИФИКАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ



**ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ  
ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**НЕПОДВИЖНЫЕ**

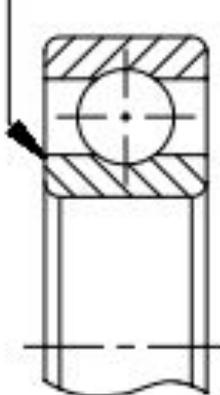
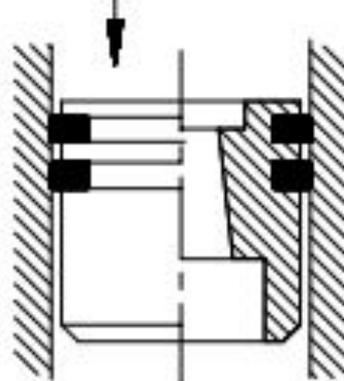
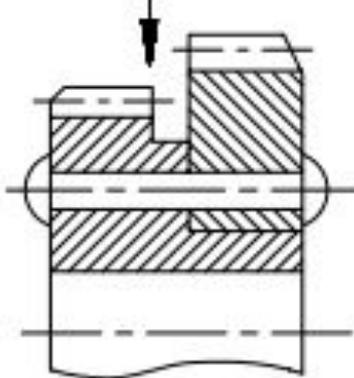
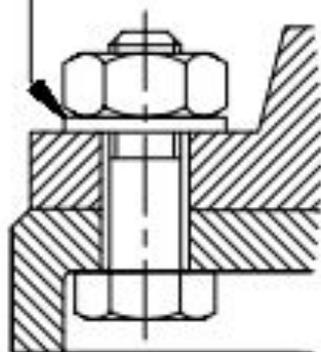
**ПОДВИЖНЫЕ**

**РАЗЪЕМНЫЕ**

**НЕРАЗЪЕМНЫЕ**

**РАЗЪЕМНЫЕ**

**НЕРАЗЪЕМНЫЕ**



Q1 – стремится сдвинуть детали друг относительно друга

Q2 – растягивает крепежный элемент

Q3 – сжимает детали

Неподвижность обеспечивается осевым натягом, который возникает при сжатии соединяемых деталей.

$i$  – осевой натяг

$i = \Delta l + \Delta h$ , где

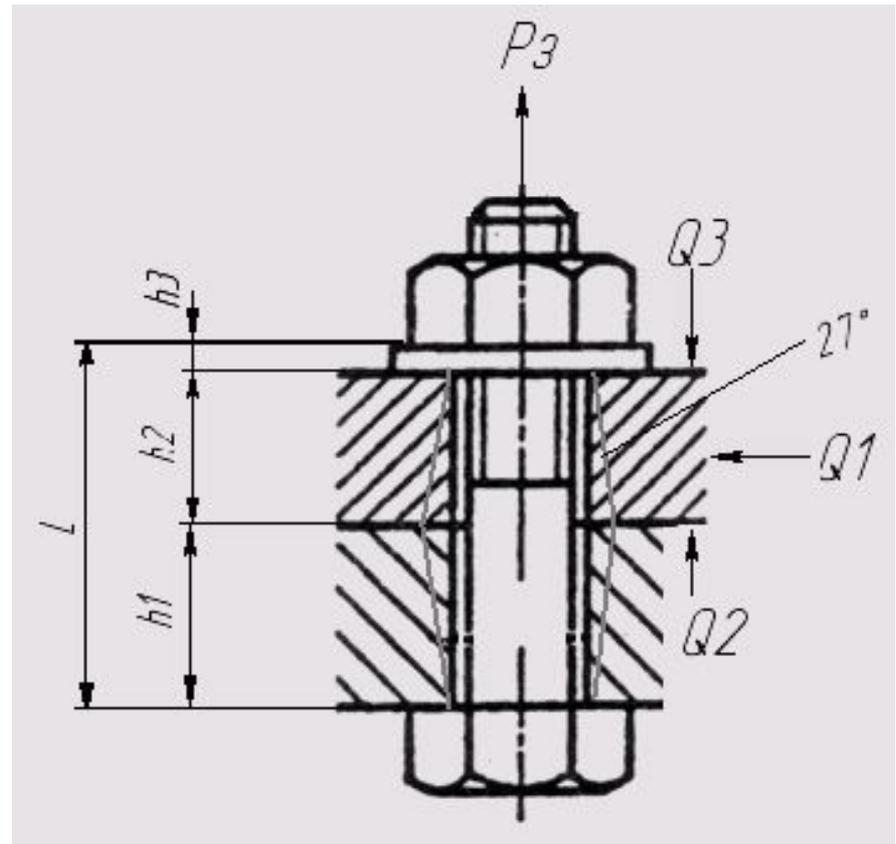
$\Delta l$  – удлинение резьбового элемента

$\Delta h$  – сжатие соединяемых деталей

$$\Delta l = \frac{P_3 l}{EF}$$

$$\Delta h = \sum \Delta h_i$$

$$\Delta h_i = \frac{P_3 h_i}{EF}$$



Чтобы обеспечить неподвижность детали, сила трения между ними должна быть больше силы, стремящейся их сдвинуть

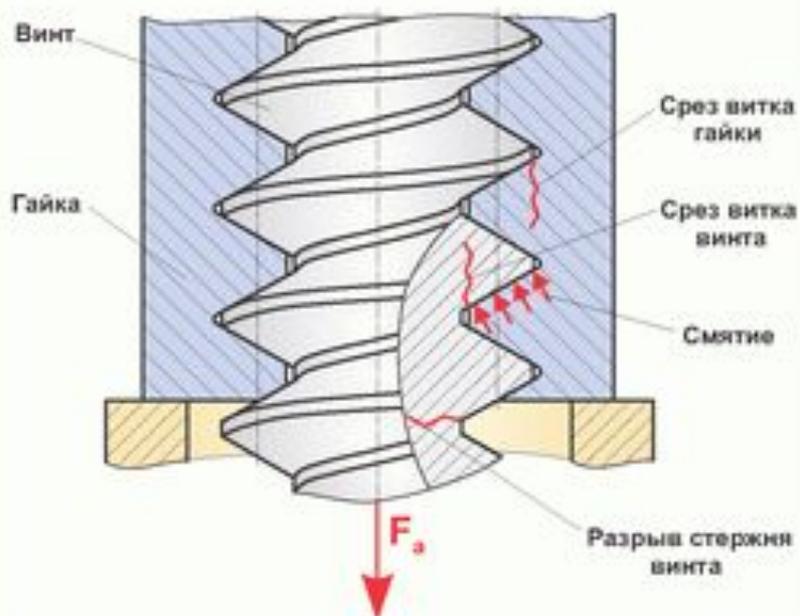
$$P_3 f z \geq Q_1$$

$f$  – коэффициент трения

$z$  – количество крепежных элементов



### КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

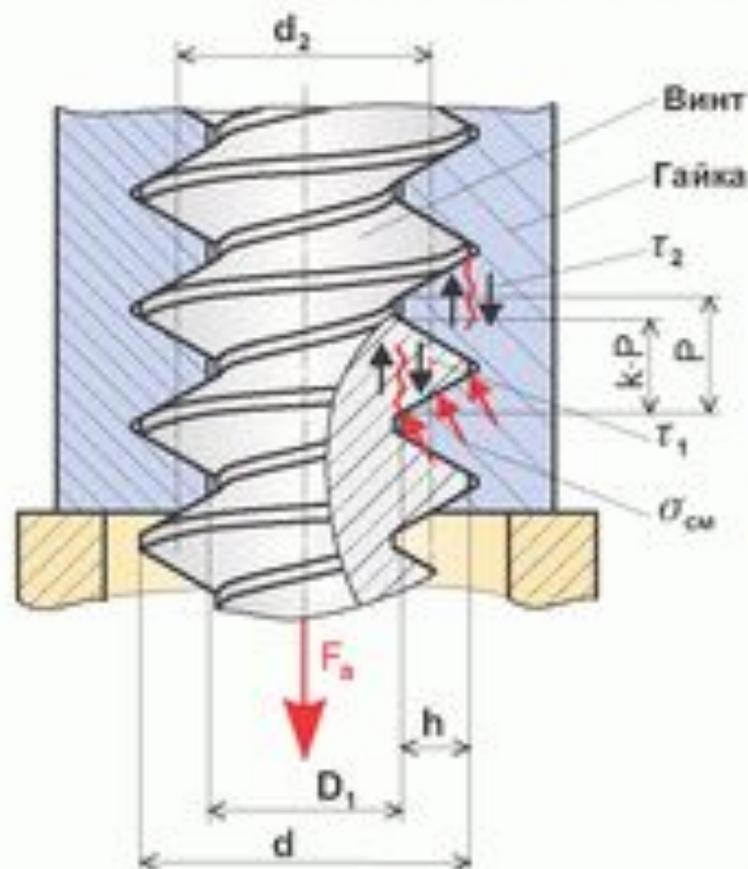


Назначение резьбы	Критерии работоспособности
Крепежные	Смятие рабочих поверхностей витков
	Срез витков резьбы
	Разрыв стержня
Ходовые и грузовые винты	Износ резьбы

13-016-010



## ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ РЕЗЬБЫ НА ПРОЧНОСТЬ



Напряжения смятия

$$\sigma_{см} = F_a / (\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z) \leq [\sigma]_{см}$$

Напряжения среза

в резьбе винта  $\tau_1 = F_a / (\pi \cdot D_1 \cdot k \cdot P \cdot z) \leq [\tau]_1$ ;

в резьбе гайки  $\tau_2 = F_a / (\pi \cdot d \cdot k \cdot P \cdot z) \leq [\tau]_2$ ;

где  $z$  - число витков гайки

Профиль резьбы	Коэффициент полноты резьбы $k$
Прямоугольная	0,5
Трапецеидальная	0,65
Упорная	0,75
Треугольная	0,87

Момент, который необходим для достижения расчетной величины усилия закрепления

$$M_3 = \frac{P_3}{2} d_{cp} [tg(\alpha + \rho) + \frac{D_{cp}}{d_{cp}} tg\rho']$$

$d_{cp}$  – средний диаметр резьбового соединения

$\alpha$  – угол подъема резьбы

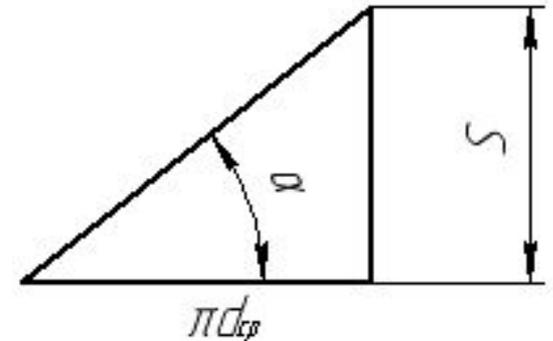
$\rho$  – угол трения резьбы

$\rho'$  – угол трения между поверхностью детали и торцевой частью резьбового элемента

$D_{cp}$  – средний диаметр торцевой части гайки, болта

$tg(\alpha + \rho) = tg\alpha + tg\rho$

$P_3$  – необходимое усилие затяжки



$$tg\alpha = \frac{S}{\pi d_{cp}} \quad \text{где } S \text{ – шаг резьбы, } tg\rho \text{ и } tg\rho' \approx f \text{ и } f' \text{ (коэффициенты трения)}$$

$$M_3 = \frac{P_3}{2} \left( \frac{S}{\pi} + d_{cp} f + D_{cp} f' \right)$$

Для жесткого инструмента рекомендуется соотношение плеча для затяжки  $l=14d$ , где  $d$  – средний диаметр резьбы

Необходимо учитывать и точностные характеристики деталей, входящих в резьбовое соединение

$$M_{3пред} = 0,085K_3\sigma_T\alpha d^2$$

$K_3$  – коэффициент запаса (0,65÷0,85)

$\sigma_T$  – предел текучести

$\alpha$  – диаметр резьбы

Предельный момент прочности резьбового соединения на срез

Для гайки  $M_{3пред} = 1,54\sigma_T K_3 h d^2 (0,03 + f\mu)$

Для винта  $M_3 = 1,024\sigma_T K_3 h d^2 (0,03 + f\mu)$

$h$  – длина свинчивания

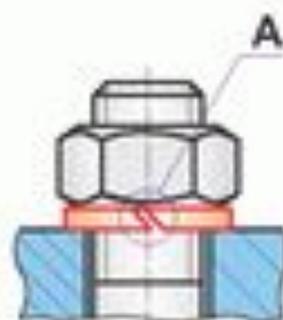
$\mu$  – коэффициент, зависящий от формы головки (1,2÷1,35)





## СПОСОБЫ СТОПОРЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ОСНОВАННЫЕ НА ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ТРЕНИИ

Пружинной  
шайбой



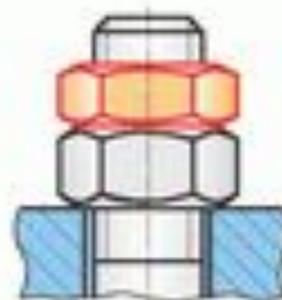
Осесимметричной  
пружинной  
шайбой



Б-Б



Контргайкой



Форма хвостовика  
до завинчивания

Овальным обжатием  
цилиндрического хвостовика гайки

Хвостовик



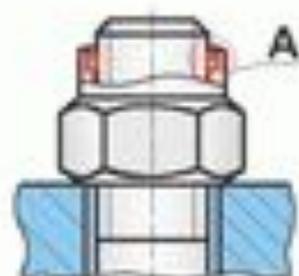
Болт условно не  
показан





## СПОСОБЫ СТОПОРЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ОСНОВАННЫЕ НА ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ТРЕНИИ

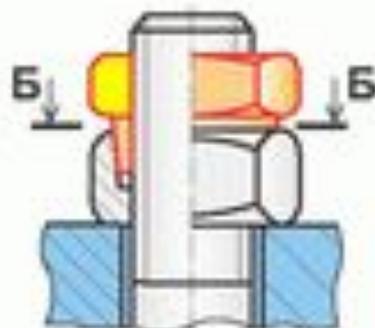
Самотормозящаяся гайка с полиамидным кольцом



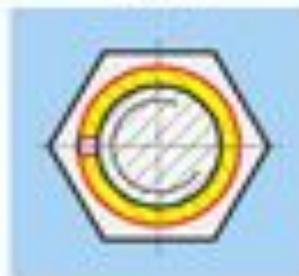
А (Увеличено)



Разрезной контргайкой



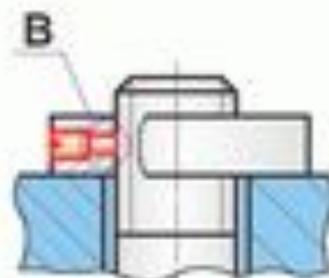
Б-Б



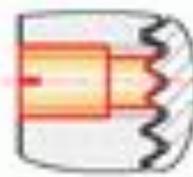
Гайкой с  
контрящим  
винтом



Стопорным винтом  
с мягкой прокладкой



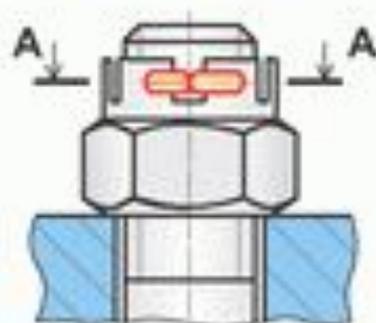
В (Увеличено)





## СПОСОБЫ СТОПОРЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЗАПИРАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

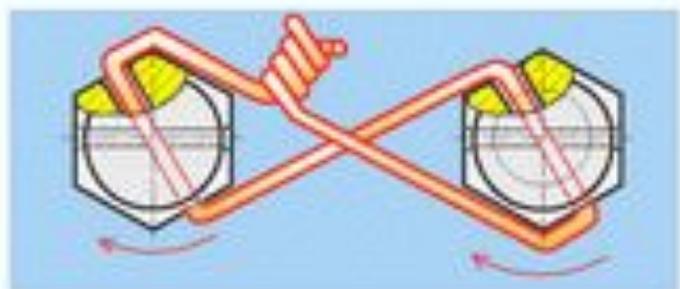
Шплинтом



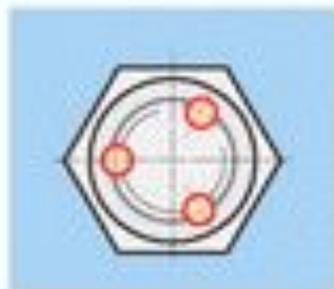
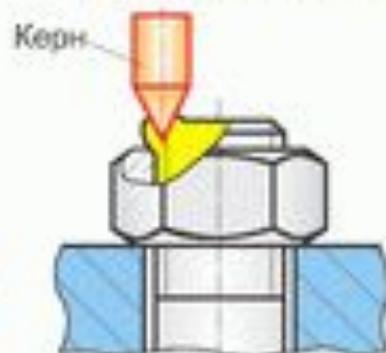
A-A



Обвязкой проволокой



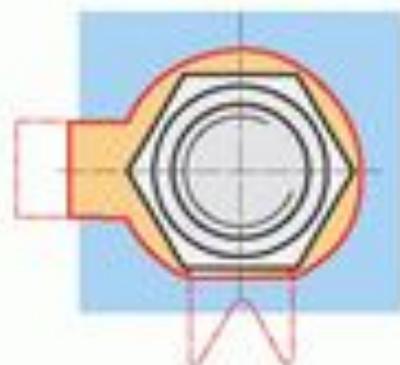
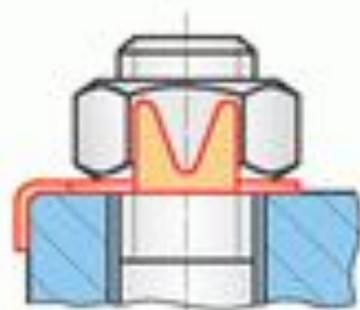
Кернение резьбы



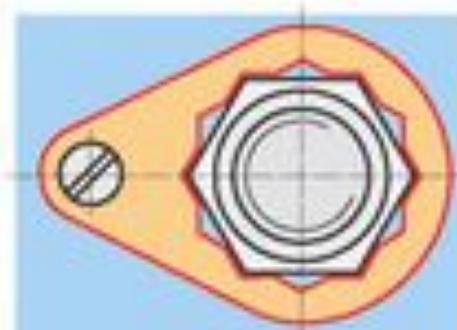
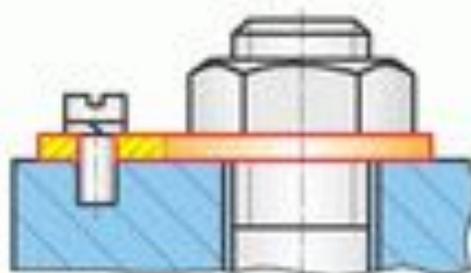


## СПОСОБЫ СТОПОРЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЗАПИРАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

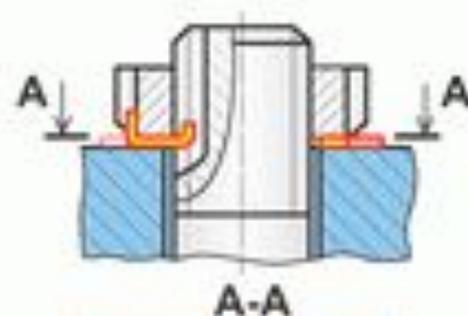
Стопорной шайбой  
с лапкой



Накладкой, надеваемой  
на гайку



Шайбой многолопастчатой





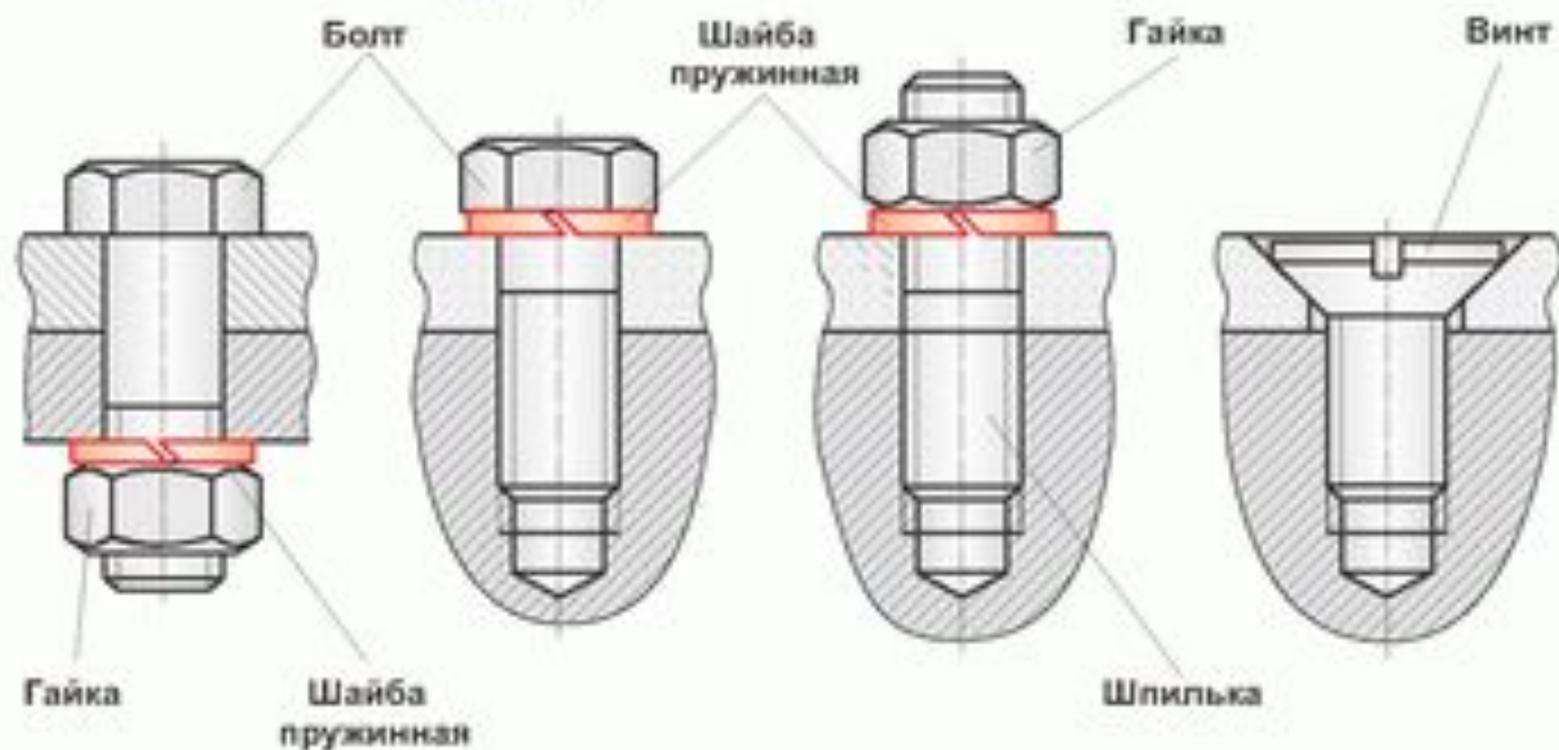
## ОСНОВНЫЕ ТИПЫ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Крепление деталей  
болтом и гайкой

Крепление деталей  
ввинчиванием болта  
в одну из деталей

Крепление деталей  
шпилькой и гайкой

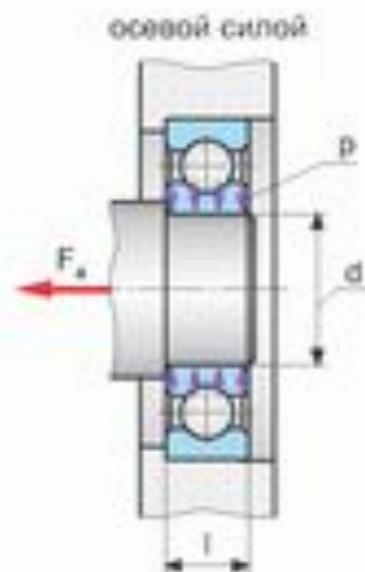
Крепление деталей  
винтом



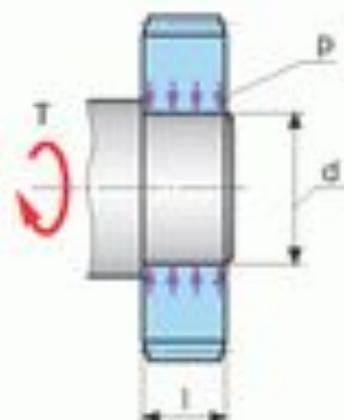


### СОЕДИНЕНИЯ С НАТЯГОМ

Соединения нагружены:  
вращающим моментом



$$F_a < \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f}{k};$$



Условия прочности соединений:

$$T < \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f}{k} \cdot \frac{d}{2000};$$

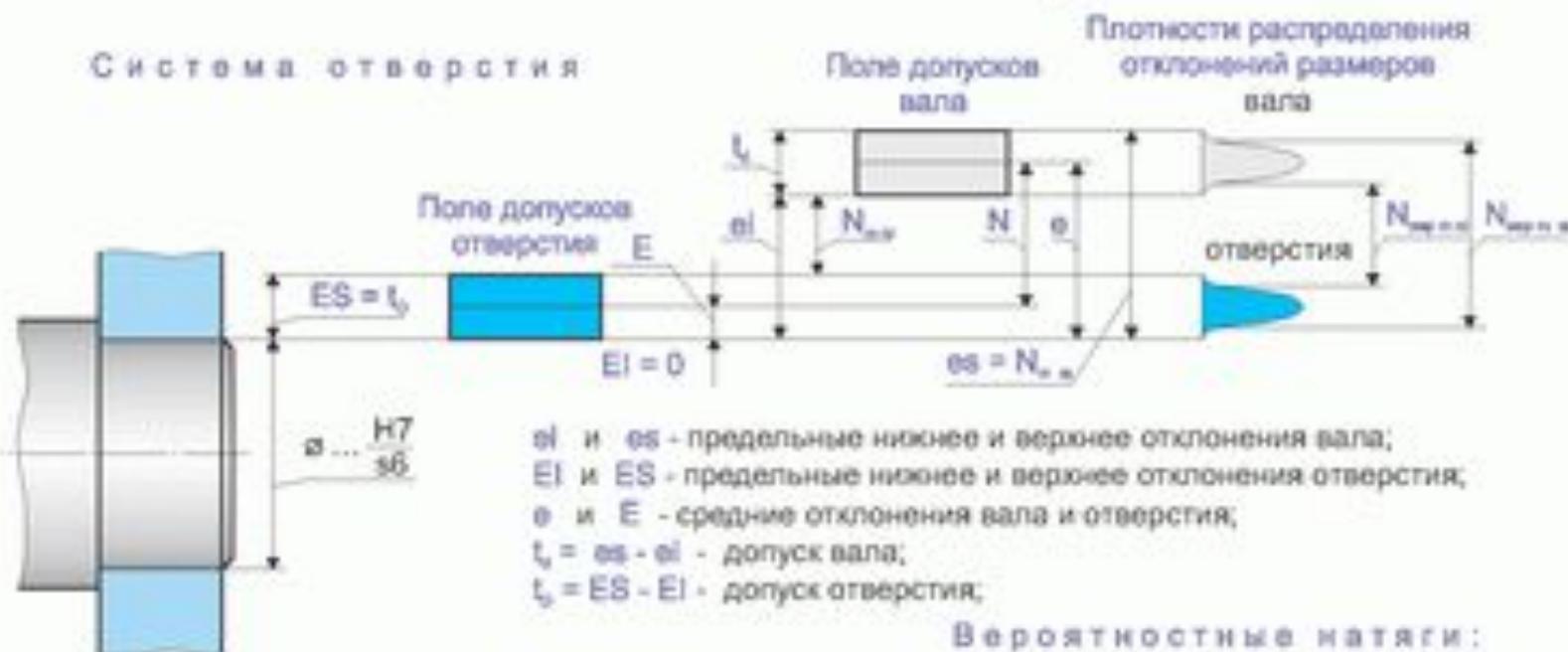
$$F = \sqrt{\left(\frac{2000 \cdot T}{d}\right)^2 + F_a^2} < \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f}{k};$$

где  $p$  - давление на посадочной поверхности, МПа;  
 $f$  - коэффициент трения в соединении;  
 $k = 1,5 \dots 2,0$  - коэффициент запаса сцепления.



### К РАСЧЕТУ НАТЯГА В ПРЕССОВОМ СОЕДИНЕНИИ

Система отверстия



$ei$  и  $es$  - предельные нижнее и верхнее отклонения вала;  
 $EI$  и  $ES$  - предельные нижнее и верхнее отклонения отверстия;  
 $e$  и  $E$  - средние отклонения вала и отверстия;  
 $\tau_s = es - ei$  - допуск вала;  
 $\tau_h = ES - EI$  - допуск отверстия;

$N = e - E$  - средний натяг;  
 $N_{\text{min}} = ei - ES$  - наименьший натяг;  
 $N_{\text{max}} = es - EI$  - наибольший натяг;

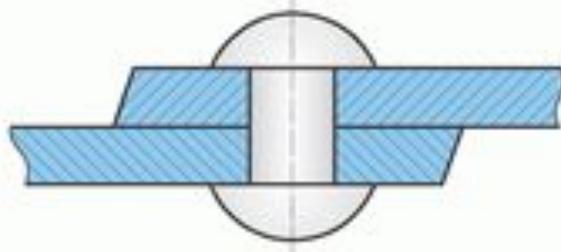
наименьший  $N_{\text{min}} = N - 0,5 \sqrt{\tau_s^2 + \tau_h^2}$ ;  
 наибольший  $N_{\text{max}} = N + 0,5 \sqrt{\tau_s^2 + \tau_h^2}$ .

По  $N_{\text{min}}$  оценивается работоспособность посадки. По  $N_{\text{max}}$  проверяется прочность деталей.

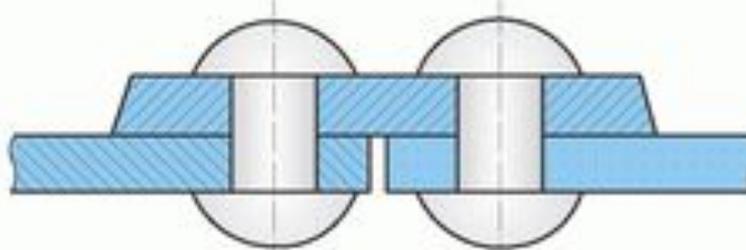


## ТИПЫ ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

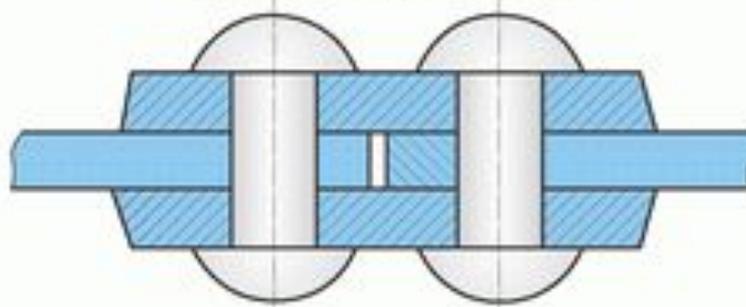
Соединение внахлестку



Соединение с одной накладкой



Соединение с двумя накладками





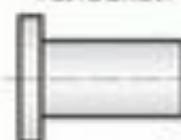
## ВИДЫ ЗАКЛЕПОК

### Заклепки со сплошным стержнем

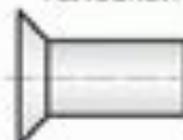
С полукруглой  
головкой



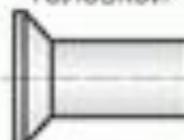
С цилиндрической  
головкой



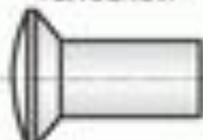
С конической  
головкой



С потайной  
головкой



С полупотайной  
головкой



### Заклепки полупустотельные

С полукруглой  
головкой



С цилиндрической  
головкой



С конической  
головкой



С потайной  
головкой

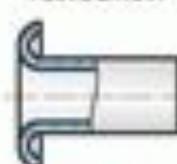


С полупотайной  
головкой

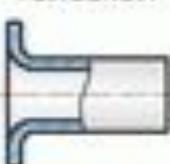


### Заклепки пустотельные (листоны)

Со скругленной  
головкой



С плоской  
головкой



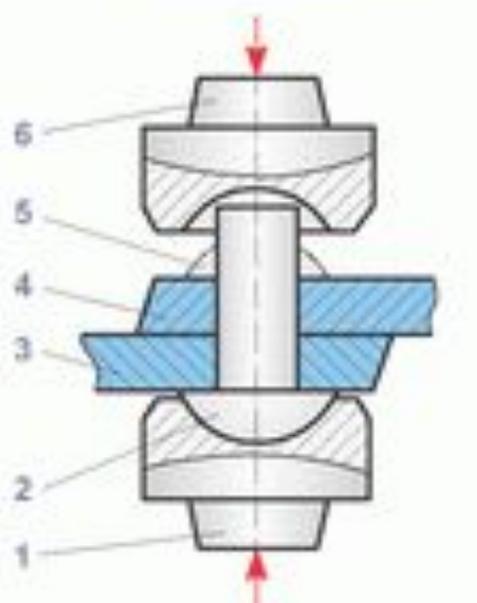
С потайной  
головкой





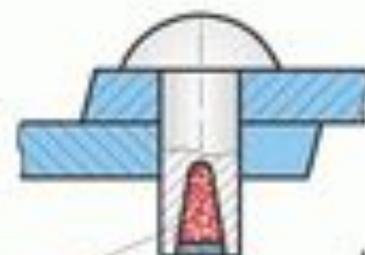
### СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКЛЕПОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Клепка обжимом



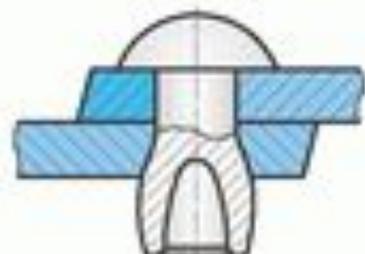
- 1 - поддержка;
- 2 - головка закладная;
- 3, 4 - соединяемые детали;
- 5 - головка замыкающая;
- 6 - обжимка.

Клепка взрывом  
Заклепка до взрыва

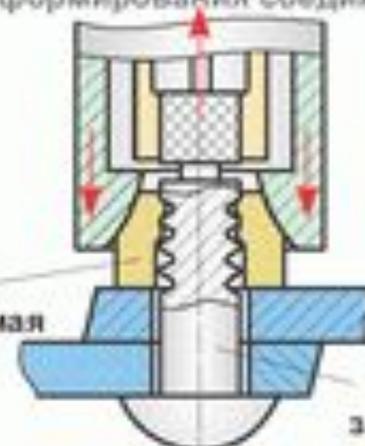


Заряд

Заклепка  
после взрыва



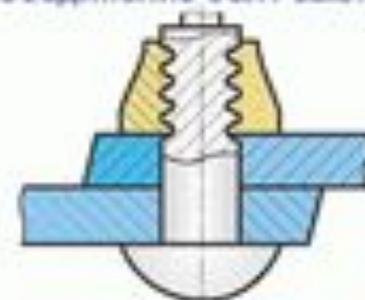
Клепка обжимом шайбы  
Болт-заклепка в момент  
формирования соединения



Шайба  
деформируемая

Болт-  
заклепка

Соединение болт-заклепка

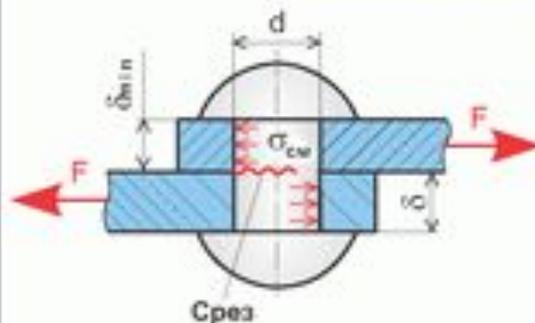


(1) (1) (1) (1)



## РАСЧЕТ ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ

Односрезное соединение -  $i = 1$



Срез

$$\tau_c = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot i} \leq [\tau]_c$$

Смятие

$$\sigma_{см} = \frac{F}{\delta_{min} \cdot d} \leq [\sigma]_{см}$$

Двухсрезное соединение -  $i = 2$

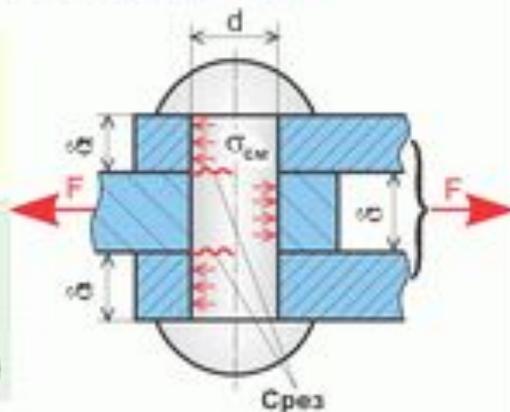
Срез

$$\tau_c = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot i} \leq [\tau]_c$$

Смятие

$$\sigma_{см} = \frac{F}{\delta_{min} \cdot d} \leq [\sigma]_c$$

где  $\delta_{min} = \min\{\delta_1, (\delta_2 + \delta_3)\}$



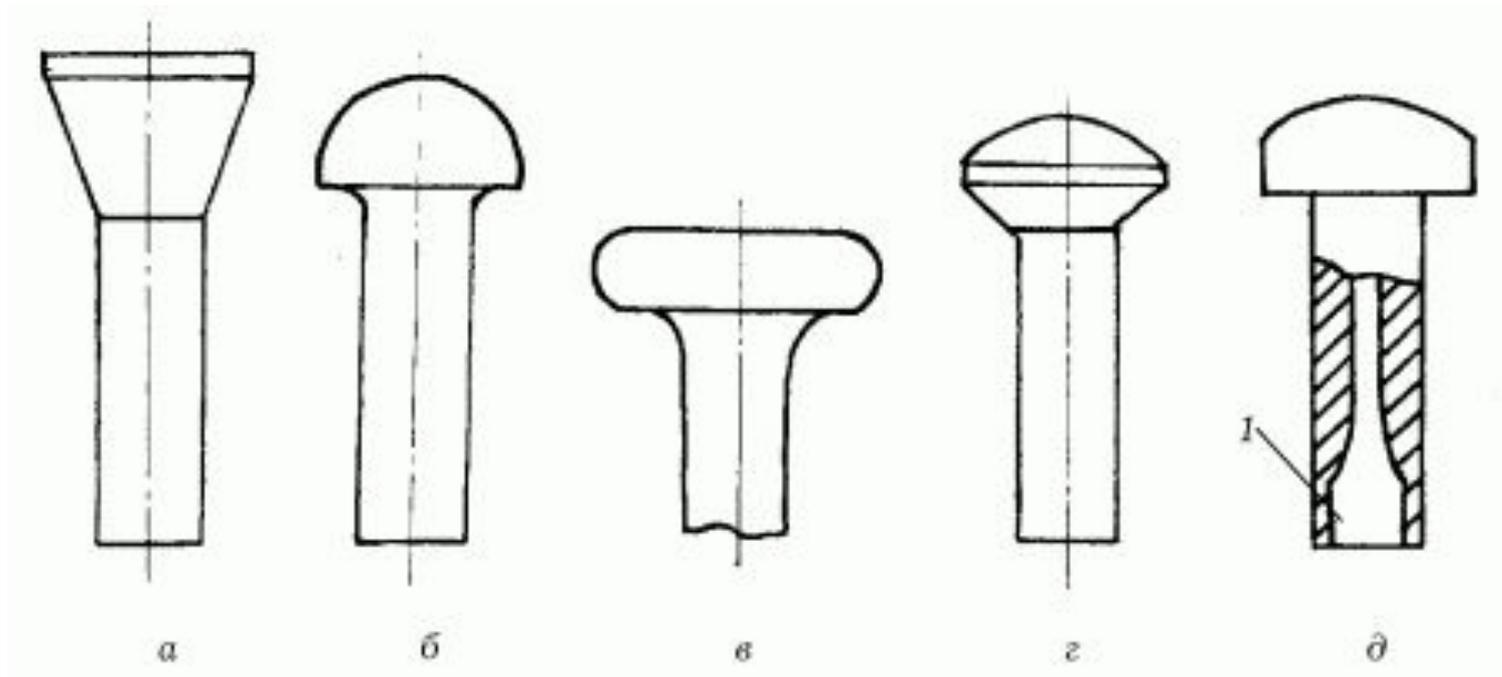
**Допускаемые напряжения** на срез и смятие для заклепок из пластичных малоуглеродистых сталей, МПа

$[\tau]_c$

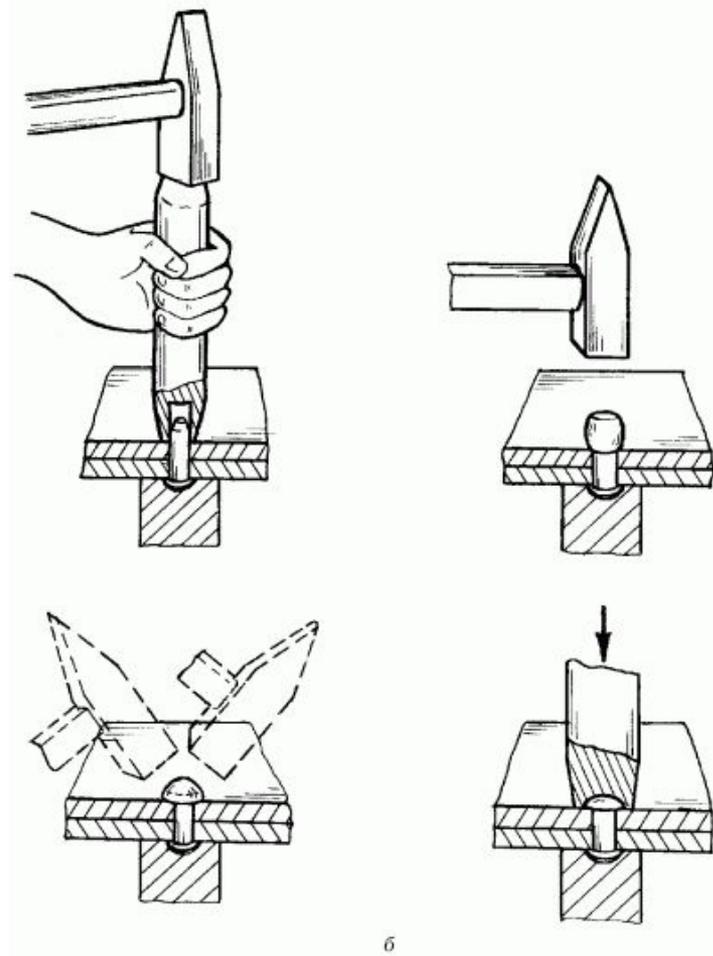
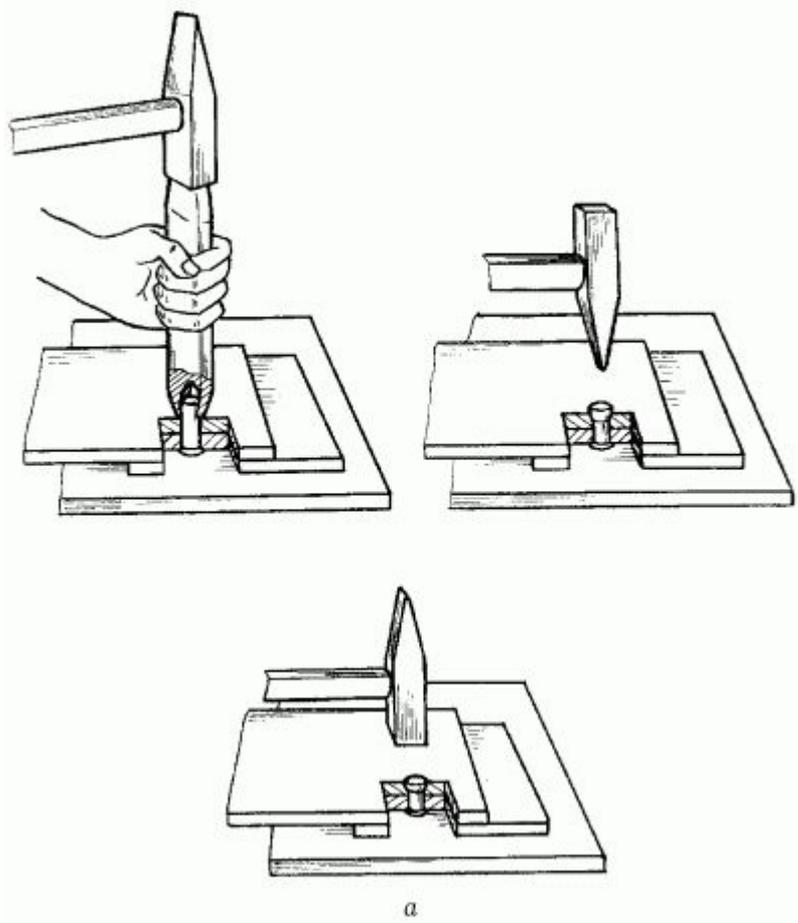
140

$[\sigma]_{см}$

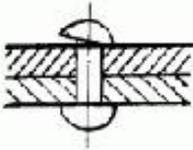
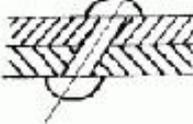
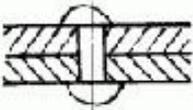
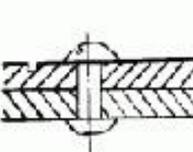
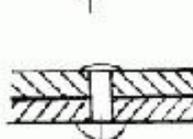
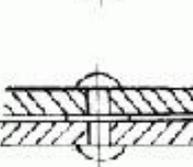
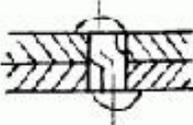
280



Виды заклепок: а – с потайной головкой; б – с полукруглой головкой; в – с плоской головкой; г – с полупотайной головкой; д – взрывная заклепка: 1 – углубление, заполненное взрывчатым веществом.



Последовательность процесса ручной клепки: а – заклепками с потайными головками, б – заклепками с полукруглыми головками

Вид брака	Схематическое изображение брака	Причина
Неплотное прилегание головки		Пережим обжимки при клевке
Смещение головок		Косо просверленное отверстие
Смещение одной головки		Скос на торце стержня заклепки
Зарубки на головке или окладные		Смещение обжимки при клевке
Малозерная замкающая головка		Недостаточная длина стержня заклепки
Расплотнение стержня между поверхностями склепываемых деталей		Неплотное прилегание деталей друг к другу во время клевки
Иголь стержня в отверстии		Несоответствие диаметра стержня диаметру отверстия

# СОЕДИНЕНИЯ СКЛЕИВАНИЕМ

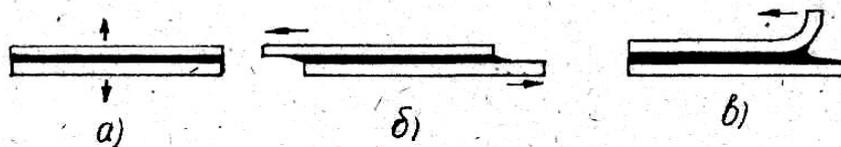


Рис. 1. Виды нагрузок на клеевое соединение: а-растяжение, б-сдвиг, в-скалывание.

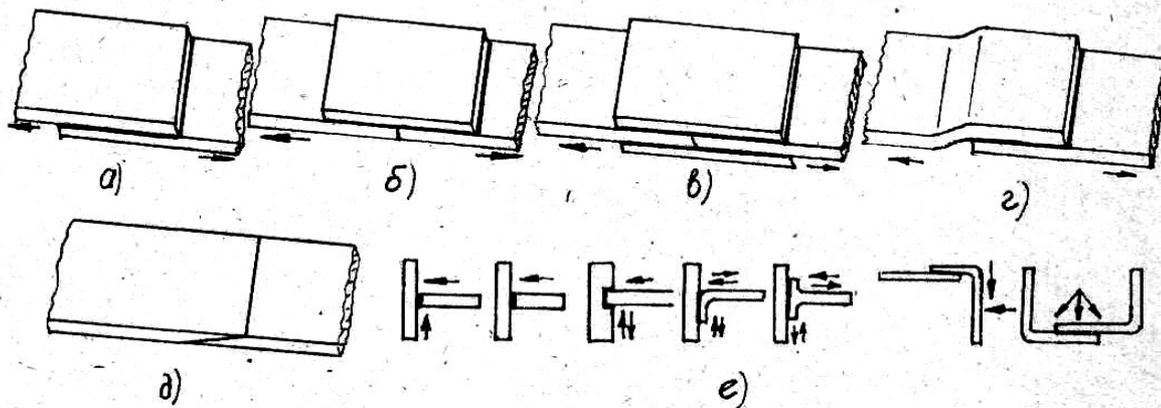


Рис. 1. Виды нагрузок на клеевое соединение: а) растяжение; б) сдвиг; в)-  
скалывание

Рис. 2 Виды клеевых соединений с рекомендуемым действием нагрузок (указаны стрелкой): а) одинарная нахлестка, б) встык с односторонней накладкой, в) встык с двусторонней накладкой, г) нахлестка с подсечкой, д) со скошенными кромками, е) угловые соединения.

## Технологический процесс склеивания состоит из следующих операций:

1. подготовка поверхностей склеиваемых деталей,
2. подготовка клея,
3. нанесение клея на склеиваемые поверхности,
4. сушка (открытая выдержка) нанесенного клея перед сборкой соединяемых деталей,
5. сборка деталей,
6. запрессовка,
7. отверждение клеевых швов (выдержка при определенных температуре и давлении в течении заданного времени),
8. зачистка клеевых соединений,
9. контроль качества соединения.



