

# Детали машин

**Детали машин** – научная дисциплина по теории расчета и конструированию деталей и узлов машин общемашиностроительного применения.

# Машины состоят из деталей и узлов

**Деталь** – изделие, изготовленное без применения сборочных операций.

Детали могут быть простыми: гайка, шпонка и т.д. или сложными: коленчатый вал, корпусные детали и т.д..

**Узел** – изделие, состоящее из ряда деталей соединенных сборочными операциями и имеющее общее функциональное назначение (подшипник качения, муфта, редуктор и т.п.). Сложные узлы могут включать несколько простых узлов (подузлов); например, коробка передач включает подшипники, валы с насаженными на них зубчатыми колесами и т.п.

**Изготовление** конструкций и узлов **из деталей** облегчает их изготовление, эксплуатацию и ремонт, обеспечивает возможность их стандартизации и изготовления на специализированных предприятиях.

# Классификация деталей

Крепежные детали

резьбовые, сварные, клеевые, паяные, шпоночные, шлицевые, профильные и т.п..

Детали для поддержания вращающихся деталей или передачи крутящего момента

оси, валы, муфты

Опоры валов

подшипники качения, скольжения

Передачи

- зацепления (зубчатые, червячные, цепные);
- трения (ременные, фрикционные).

Корпусные детали

Защиты от внешней среды, обеспечения размещения подшипников

Пружины, рессоры

1. Для смягчения ударных нагрузок;
2. Для аккумулялирования энергии

Детали уплотнения

манжетные уплотнения, сальники, защитные шайбы и т.д

# Основные критерии работоспособности деталей машин

- **Прочность** характеризует сопротивление детали пластической деформации или разрушению Прочность – главный критерий работоспособности.
- **Жесткость** – способность детали сопротивляться изменению формы под воздействием внешней нагрузки.
- **Износостойкость** – способность детали сопротивляться истиранию на поверхности силового контакта с соседней деталью.
- **Коррозионная стойкость** – способность детали сохранять свои свойства в условиях химического воздействия агрессивной среды или электрохимического взаимодействия среды и материала.
- **Теплостойкость** – способность детали сохранять свои расчетные параметры в условиях повышенных температур.
- **Виброустойчивость** – способность детали работать в заданном режиме движения без недопустимых колебаний.
- **Надежность** – это вероятность  $K_H$  безотказной работы в течение заданного времени.

# Машиностроительные материалы

**Черные металлы**

**Конструкционные  
стали**

**Чугуны**

**Углеродистые  
(повсеместно)**

**Легированные  
(ответственные  
детали)**

**Серый**

**Белый**

**Ковкий**

# Машиностроительные материалы

## Цветные металлы

На основе меди

Бронзы

Латуни

На основе алюминия

Силумины

Дюралюмины

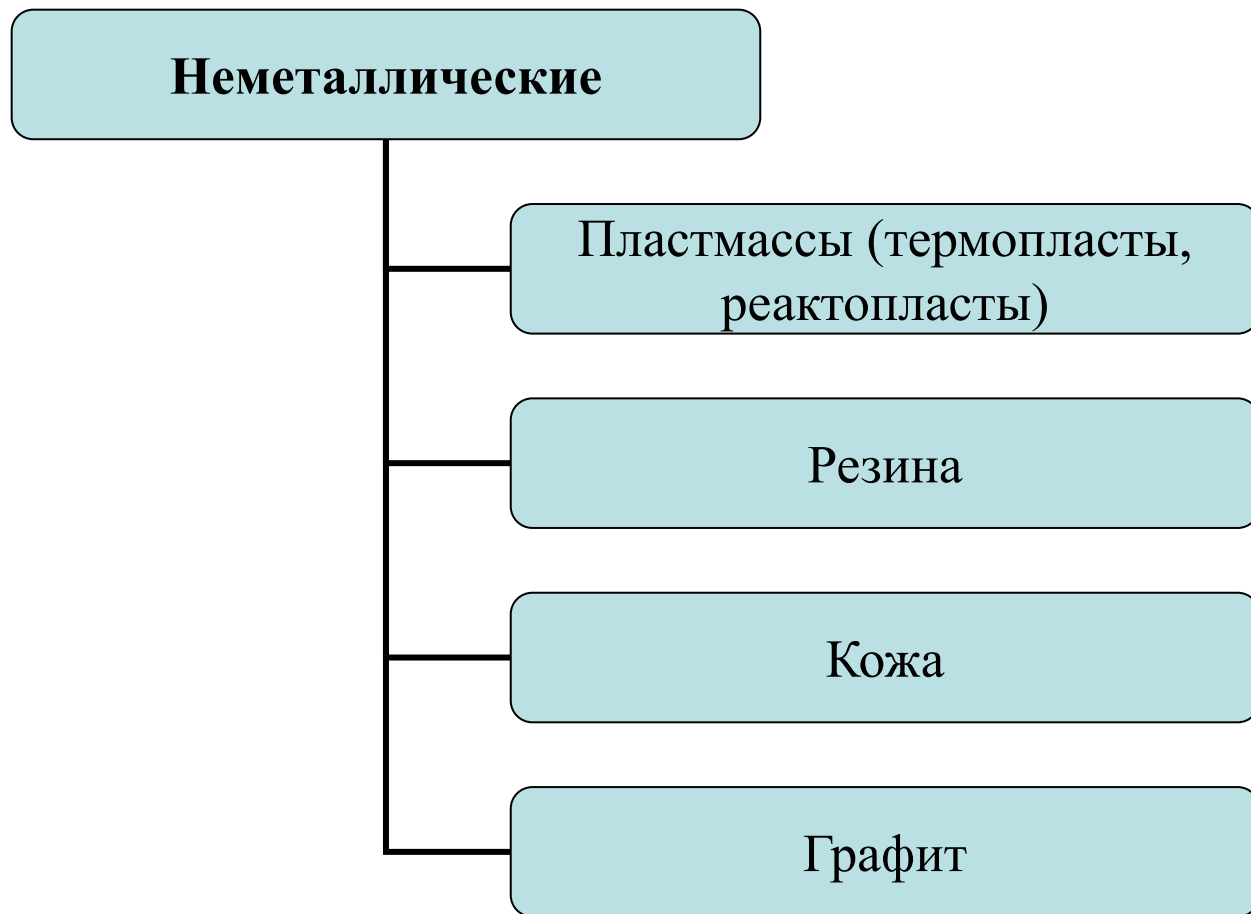
Прочие

Баббиты

Титановые

Композиционные

# Машиностроительные материалы



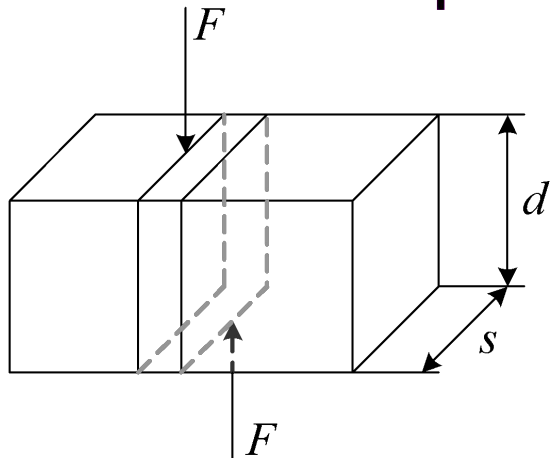
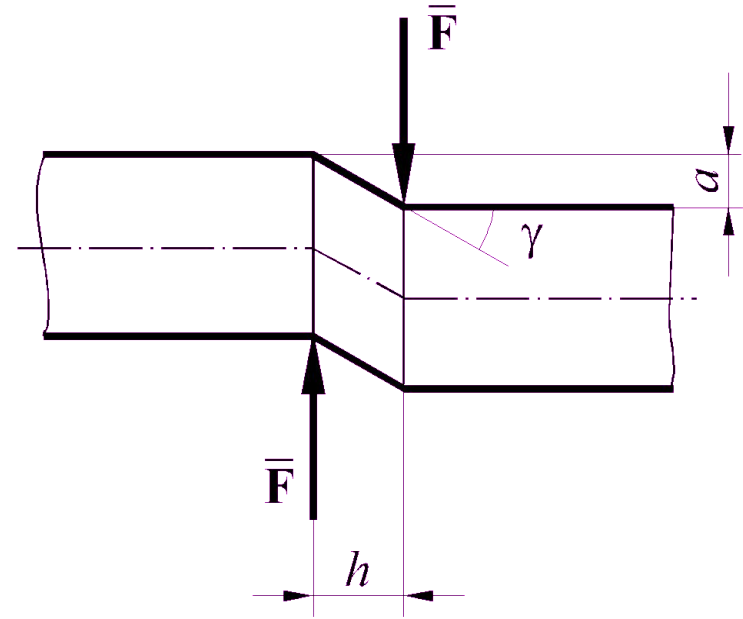
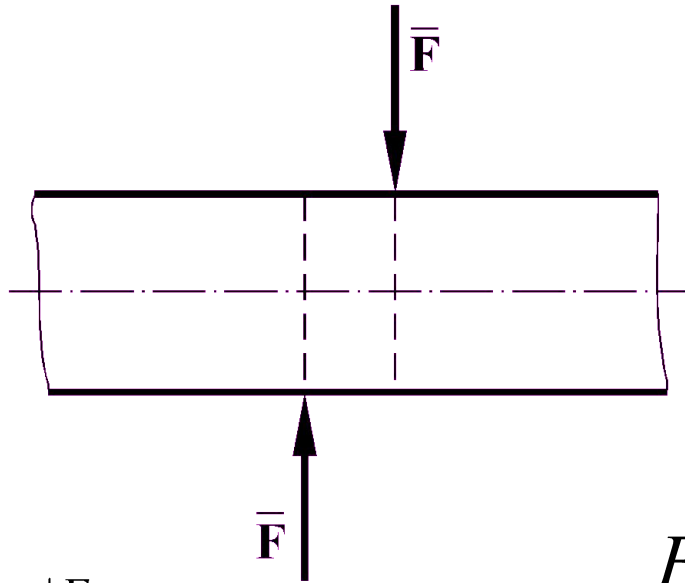
# Соединения деталей машин

- **Неразъемные** - соединения, которые невозможно разобрать без разрушения или повреждения деталей. К ним относят клепаные, сварные, паяные, клееные соединения, а также соединения с натягом.
- **Разъемные** - соединения, которые можно разбирать и вновь собирать без повреждения деталей. К разъемным относят резьбовые, шпоночные, шлицевые соединения.



# Сдвиг(Срез).

Сдвиг(Срез) — вид деформации, при которой соседние сечения детали сдвигаются одно относительно другого, оставаясь параллельными.



$$\tau = \frac{F}{A}$$

Площадь поперечного сечения

$$A = s \cdot d$$

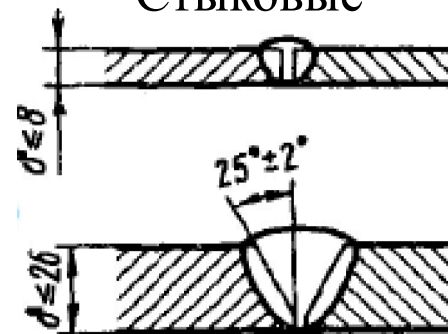
$$\gamma \approx \operatorname{tg} \gamma = \frac{a}{h}$$

$$\tau = G \cdot \gamma$$

# Сварные соединения

Достоинства	Недостатки
Вес, стоимость	Трудность контроля качества
Герметичность	Концентрация напряжений
Возможность автоматизации	Не все свариваются

## Стыковые



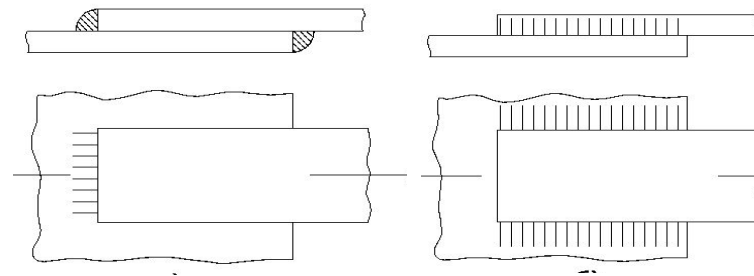
Растяжение

$$\sigma_p = \frac{F}{A} = \frac{F}{\delta l_{ш}} \leq [\sigma]_p$$

$l$  – длина шва

$F$  – растягивающая сила

## Нахлесточные



лобовые

фланговые

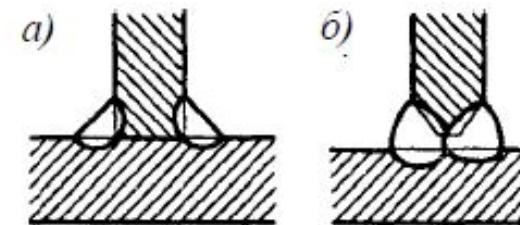
Срез

$$\tau_{ср} = \frac{F}{A} = \frac{F}{hl_{ш}} < [\tau]_{ср}$$

$h$  – высота опасного сечения

$l_{ш}$  – длина шва (с двух сторон)

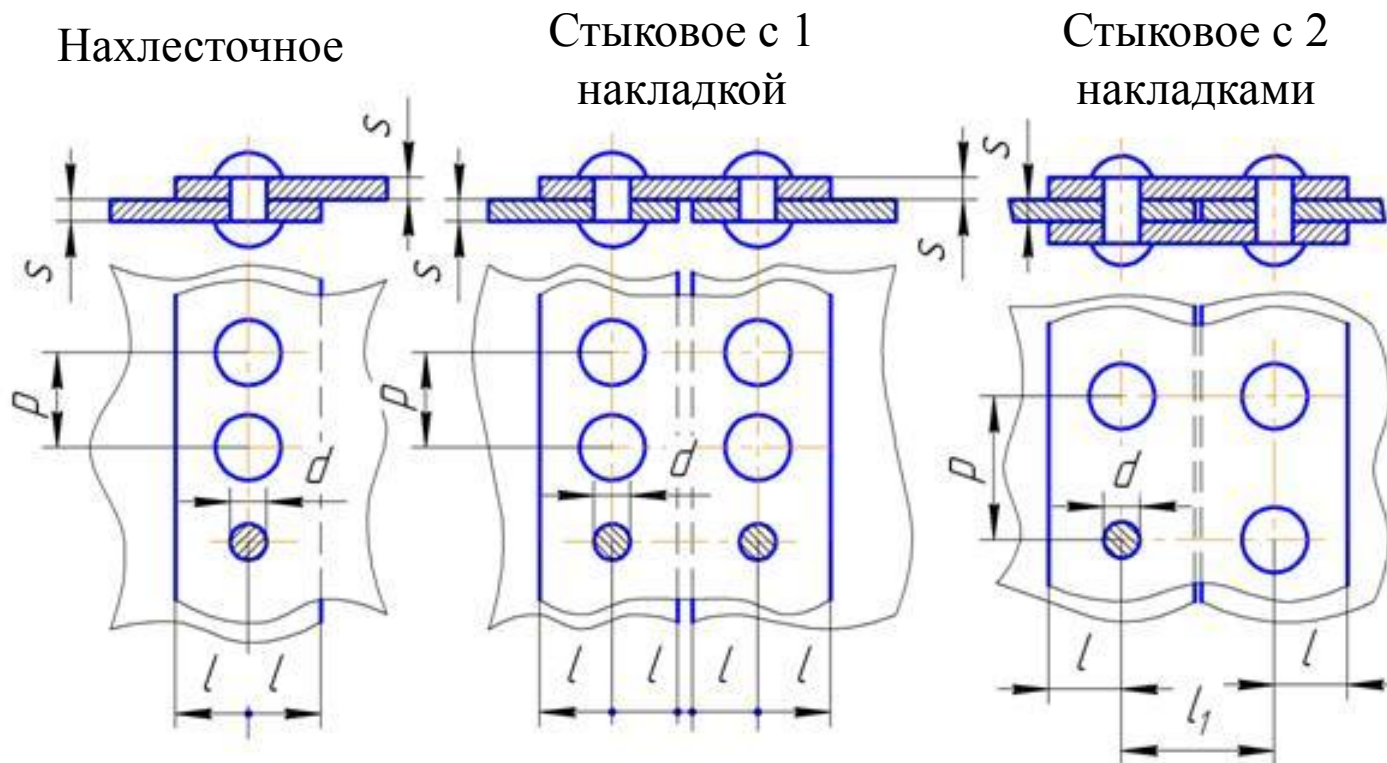
## Тавровые



Расчет прочности зависит от нагружения

# Заклепочные соединения

Достоинства	Недостатки
Прочность, надежность	Трудоемкость, стоимость
Контролируемость	Вес
Специфичные материалы	



# Заклепочные соединения

## Прочностной расчет швов

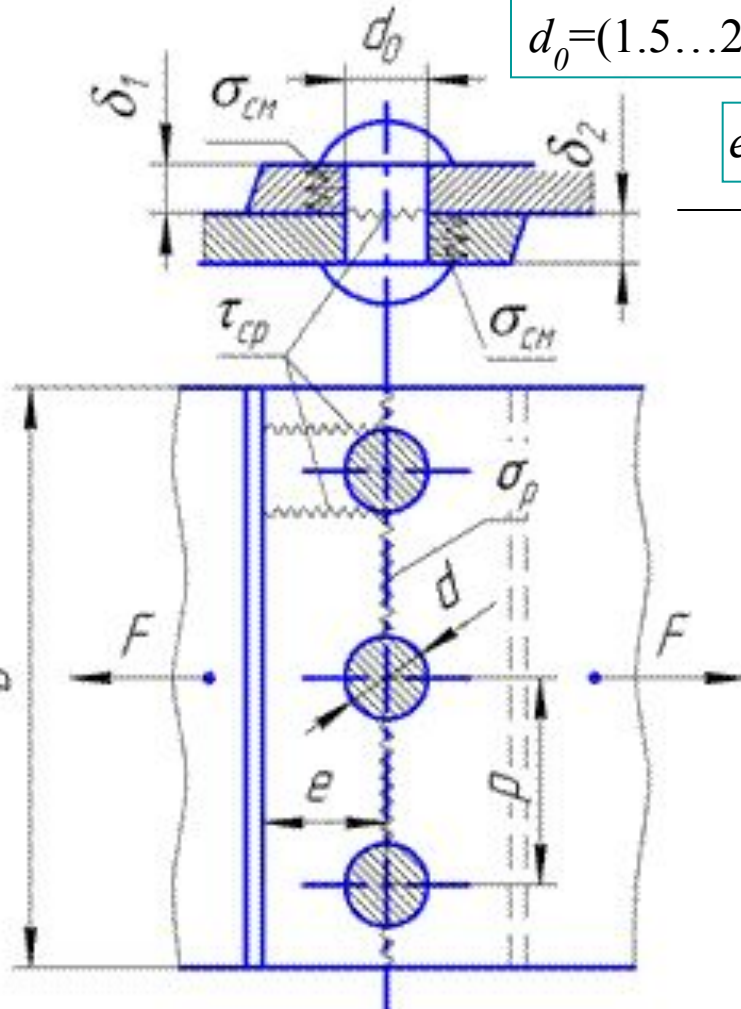
В настоящее время большинство заклепочных соединений работает на срез и смятие

$$d_0 = (1.5 \dots 2)d$$

$$p = (3 \dots 6)d_0$$

$$e = (1.5 \dots 2)d_0 \text{ Расстояние до края}$$

$$e_1 = (2 \dots 3)d_0 \text{ - между рядами заклепок}$$



Для равномерно распределенной нагрузки

$$\tau_{cp} = \frac{F}{kn \left( \frac{\pi d_0^2}{4} \right)} \leq [\tau_{cp}]$$

Число плоскостей  
среза

Количество  
заклепок

Допустимые  
напряжения  
среза

$$\sigma_{cm} = \frac{F}{nd_0 \delta_{min}} \leq [\sigma_{cm}]$$

Наименьшая толщина  
деталей

Допустимые напряж.  
сжатия

$$\sigma_p = \frac{F}{n(p - d_0) \delta_{min}} \leq [\sigma_p]$$



Проверка прочности на растяжение по  
ослабленному сечению

# Резьбовые соединения

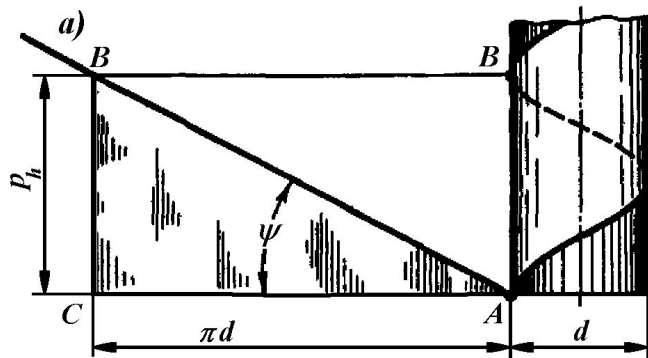
**Резьбовые соединения** – это разборные соединения с применением резьбовых крепёжных деталей (винтов, болтов, шпилек, гаек) или резьбовых элементов, выполненных на самих соединяемых деталях. Основным **признаком** резьбового соединения является **наличие резьбы** хотя бы на некоторых из деталей, входящих в соединение.

**Резьбой** называют совокупность чередующихся выступов и впадин определённого профиля, расположенных **по винтовой линии** на поверхности тела вращения (обычно цилиндра или конуса).

Достоинства	Недостатки
Прочность, надёжность	Вес
Удобство	Концентрация напряжений
Соединение любых деталей	

# Резьбовые соединения

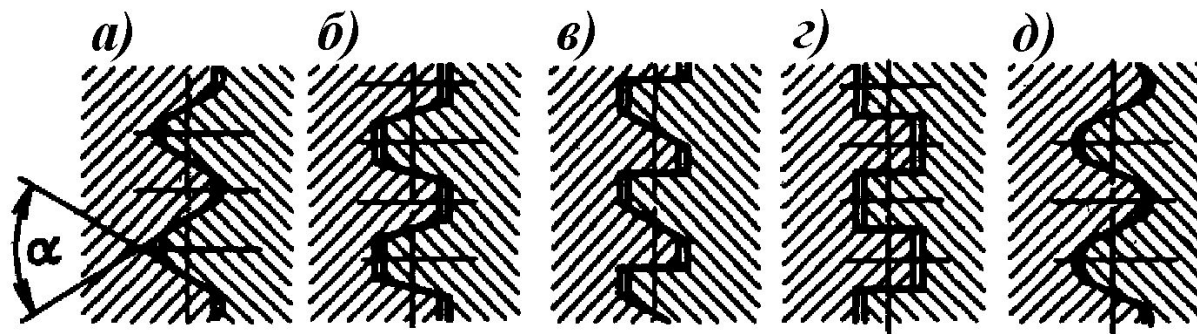
## Винтовая линия

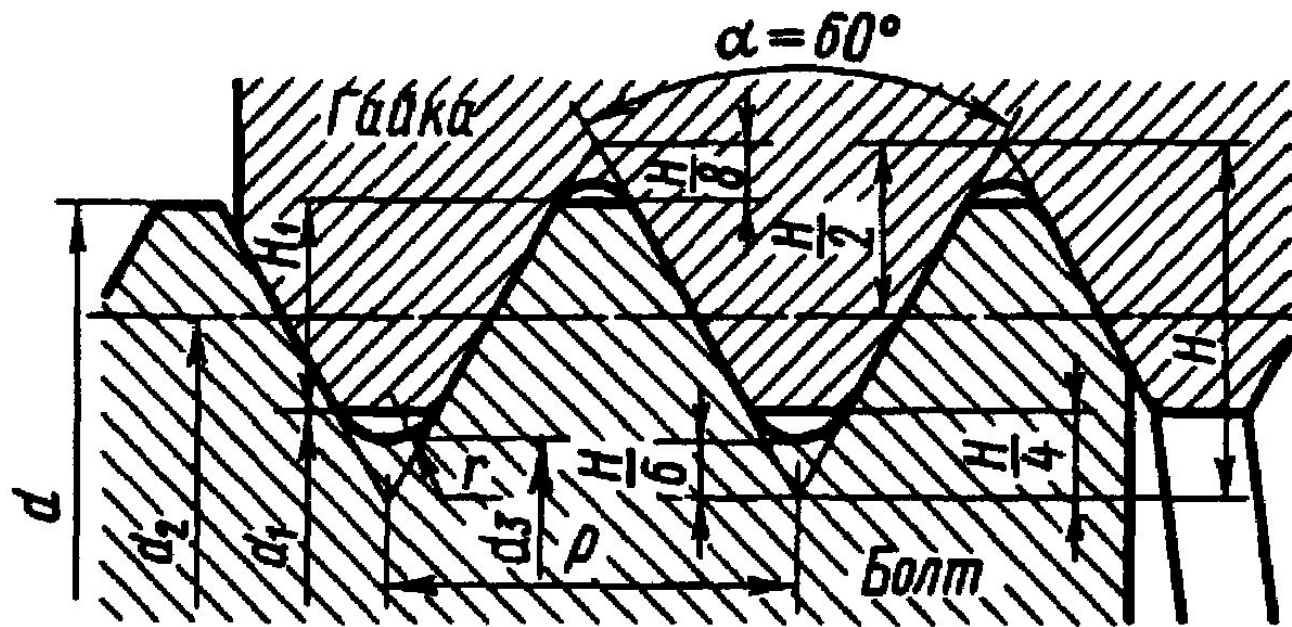


$d$  – диаметр несущего цилиндра  
(наружный диаметр резьбы);  
 $p_h$  – ход винтовой линии;  
 $\psi$  – угол подъёма винтовой линии.

## Профили резьб:

$a$  – треугольный;  $b$  – трапециевидальный;  $в$  – упорный;  
 $г$  – прямоугольный;  $д$  – круглый





**Основные геометрические параметры метрической резьбы :**

$d$  – номинальный диаметр резьбы (наружный диаметр болта или винта) обозначается буквой **М** и цифрой, равной  $d$  в мм, например, **М5, М8, М24**;

$d_1$  – внутренний диаметр резьбы гайки;

$d_3$  – внутренний диаметр резьбы винта;

$d_2$  – средний диаметр резьбы;

$p$  – шаг резьбы – расстояние между соседними гребнями резьбы;

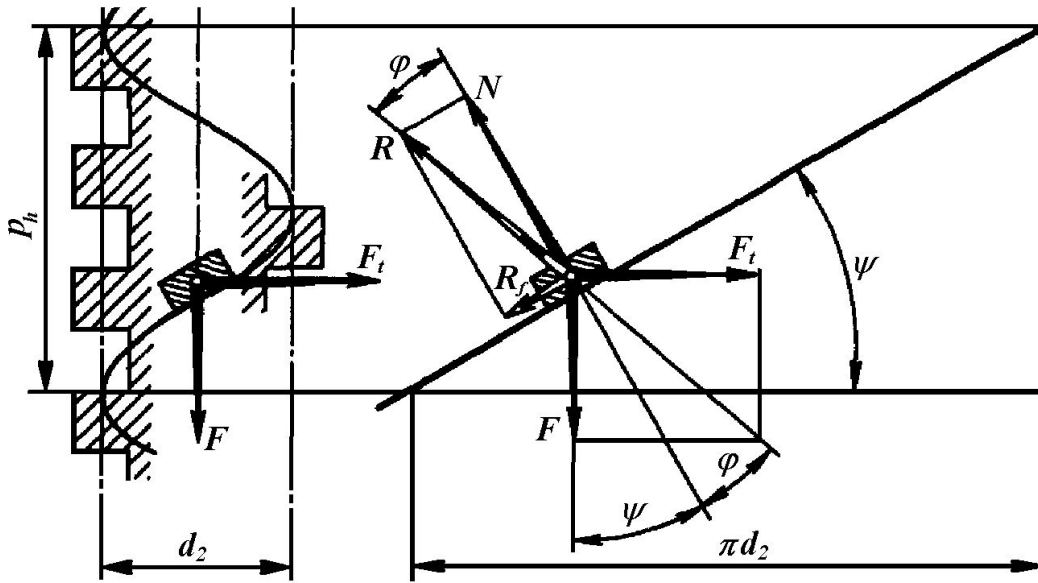
$p_h$  – ход резьбы – расстояние между соседними гребнями резьбы, принадлежащими одному гребню нарезки;

$\alpha$  – угол профиля резьбы;

$\psi$  – угол подъёма резьбы.

# Резьбовые соединения

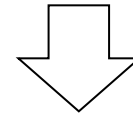
## Силы в резьбовом соединении



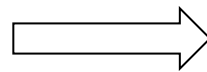
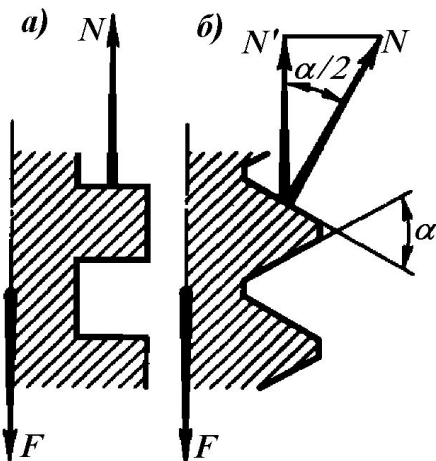
Сила трения в витках:

$$F_{mp} = f \cdot N$$

где  $f = \operatorname{tg}(\varphi)$  - коэффициент трения в витках резьбы.



$$F_t = F \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi)$$



Для треугольной резьбы:

$$f' = \frac{f}{\cos(\alpha / 2)} \Rightarrow \varphi' = \operatorname{arctg}(f')$$

Сила трения больше, чем в прямоугольной



# Резьбовые соединения

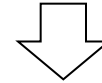
КПД резьбового соединения

При ведущем вращательном движении

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg}(\psi + \phi')}$$

При ведущем поступательном движении

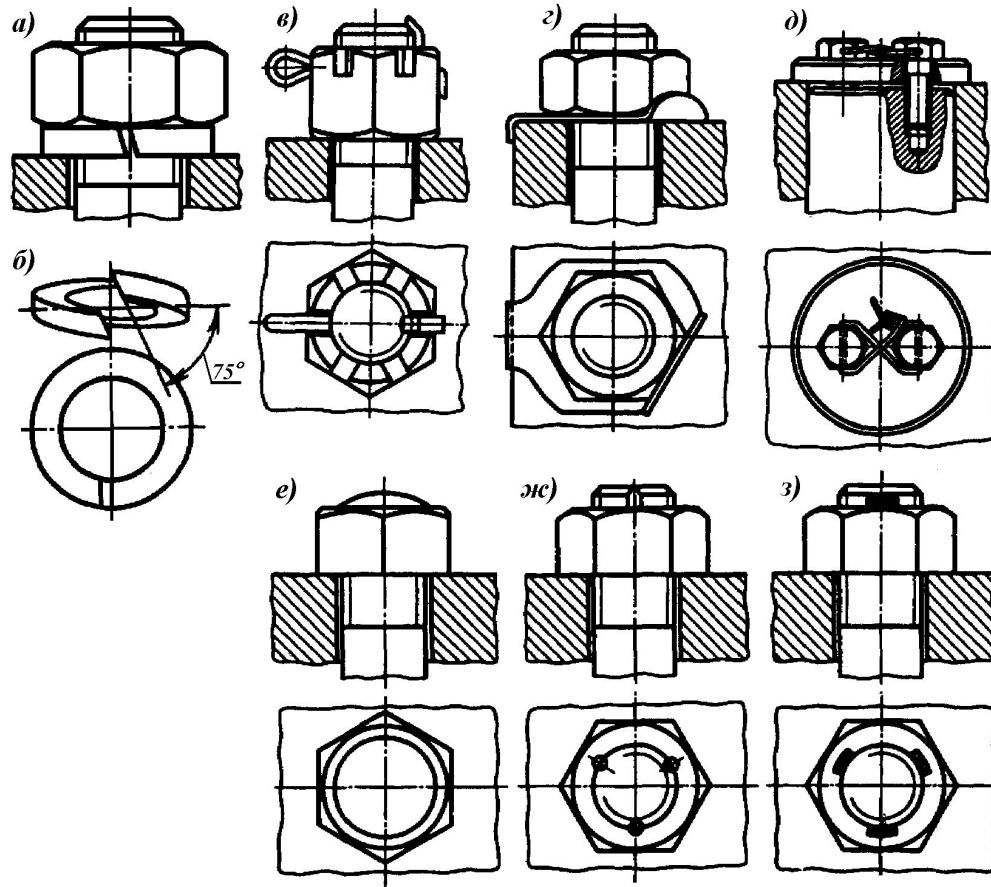
$$\eta = \frac{\operatorname{tg}(\psi - \phi')}{\operatorname{tg} \psi}$$



$\psi \geq \phi'$  - условие самоторможения резьбы

# Резьбовые соединения

Способы стопорения резьбовых соединений:

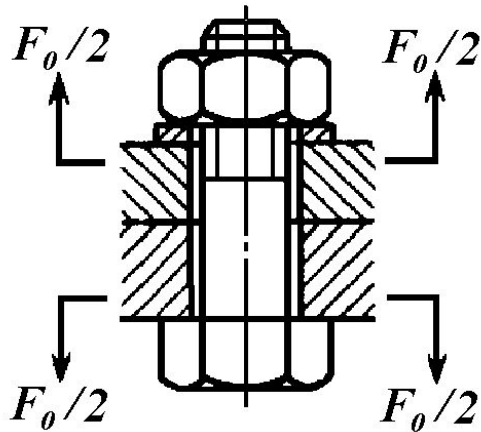


**а) установкой пружинной шайбы; б) пружинная шайба в свободном состоянии; в) коронная гайка со шплинтом; г) отгибная шайба с усом; д) обвязка болтов проволокой; е) раклёпывание выступающего конца болта; ж) кернение в резьбу; з) прихватка сваркой в резьбу.**

# Резьбовые соединения

## Условия прочности болтовых соединений

Стандартные болты, винты шпильки, гайки с крупными шагами спроектированы по условиям **равнопрочности**, т.е. расчет достаточно вести по одному критерию



$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot [\sigma]_p}}$$

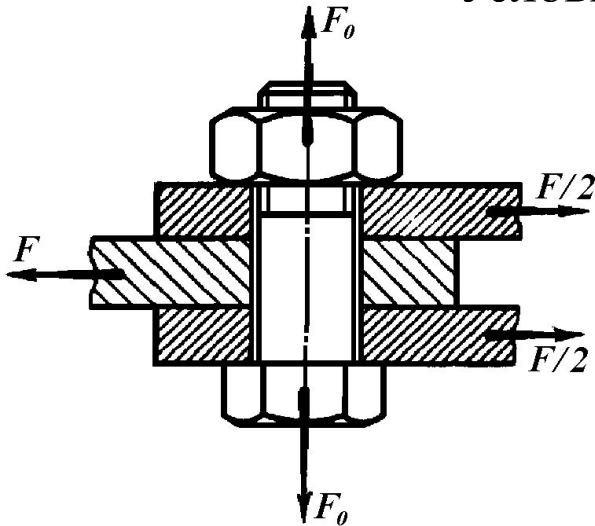
$d_1$  – внутренний диаметр резьбовой части стержня,

$[\sigma]_p$  – допускаемые напряжения при растяжении.

Болтовое соединение,  
нагруженное  
растягивающей силой.

# Резьбовые соединения

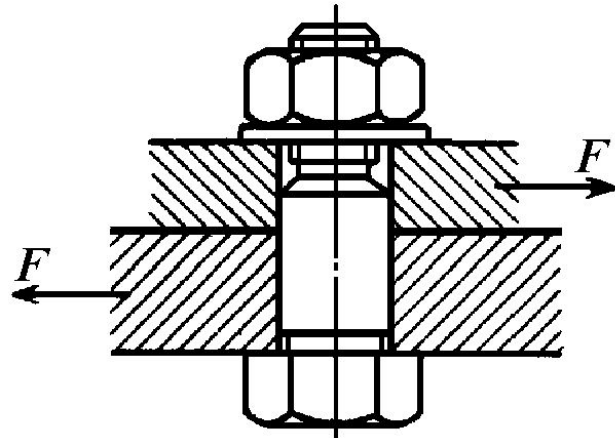
## Условия прочности болтовых соединений



Нагружение поперечной силой, болт с зазором

детали от взаимного смещения удерживаются силой трения

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot f \cdot [\sigma]_p}}$$



Соединение деталей призонным болтом, нагружение поперечной силой.

Расчет ведется на срез

$$d_t = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot z \cdot [\tau]}}$$

$z$  – число плоскостей среза

Для тонких деталей необходима проверка на смятие