

Механика 3.1

Детали машин — научная дисциплина по теории расчета и конструированию деталей и узлов машин общемашиностроительного применения



Гузенков П. Г.

Детали машин: Учеб. для вузов.—4-е изд., испр. М: Высш. шк., 1986.—359 с: ил.



Г.Б. Иосилевич.

Детали машин. Учебник для студентов машиностроит. спец. вузов. Москва, "Машиностроение", 1988

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 аккумулирования 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

```
graph TD; A[Машиностроительные материалы] --> B[Черные металлы]; A --> C[Конструкционные стали]; B --> D[Чугуны]; B --> C; C --> E[Углеродистые (повсеместно)]; C --> F[Легированные (ответственные детали)]; D --> G[Серый]; D --> H[Белый]; D --> I[Ковкий];
```

Черные металлы

**Конструкционные
стали**

Чугуны

**Углеродистые
(повсеместно)**

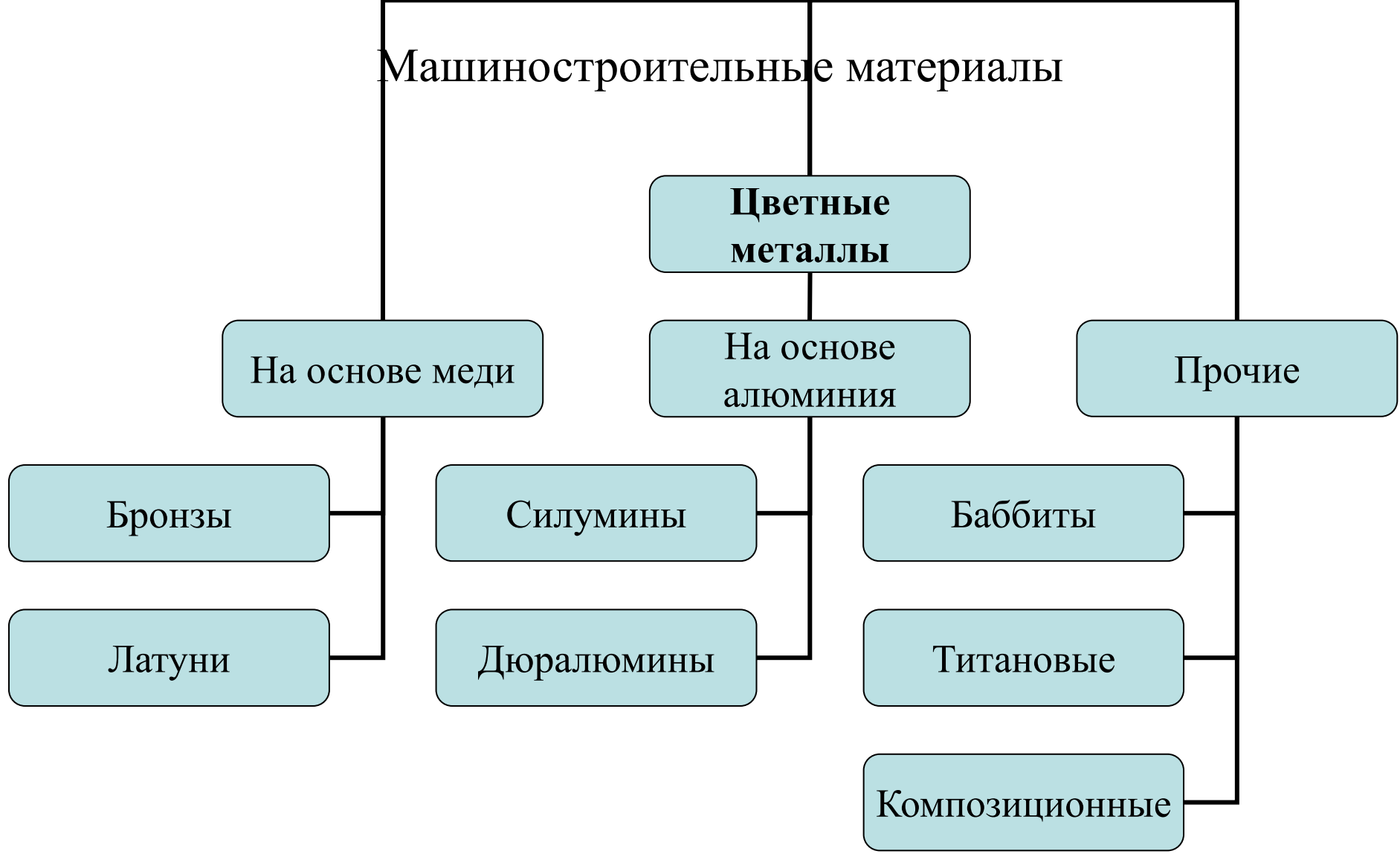
**Легированные
(ответственные
детали)**

Серый

Белый

Ковкий

Машиностроительные материалы



```
graph TD; A[Машиностроительные материалы] --> B[На основе меди]; A --> C[Цветные металлы]; A --> D[Прочие]; C --> E[На основе алюминия]; C --> F[Баббиты]; C --> G[Титановые]; C --> H[Композиционные]; E --> I[Силумины]; E --> J[Дюралюмины]; B --> K[Бронзы]; B --> L[Латуни];
```

The diagram is a hierarchical tree structure. The root node is 'Машиностроительные материалы'. It branches into three main categories: 'На основе меди', 'Цветные металлы', and 'Прочие'. 'Цветные металлы' further branches into 'На основе алюминия', 'Баббиты', 'Титановые', and 'Композиционные'. 'На основе алюминия' branches into 'Силумины' and 'Дюралюмины'. 'На основе меди' branches into 'Бронзы' and 'Латуни'.

**Цветные
металлы**

На основе меди

На основе
алюминия

Прочие

Бронзы

Силумины

Баббиты

Латуни

Дюралюмины

Титановые

Композиционные

Машиностроительные материалы

Неметаллические

```
graph TD; A[Неметаллические] --- B[Пластмассы (термопласты, реактопласты)]; A --- C[Резина]; A --- D[Кожа]; A --- E[Графит];
```

Пластмассы (термопласты,
реактопласты)

Резина

Кожа

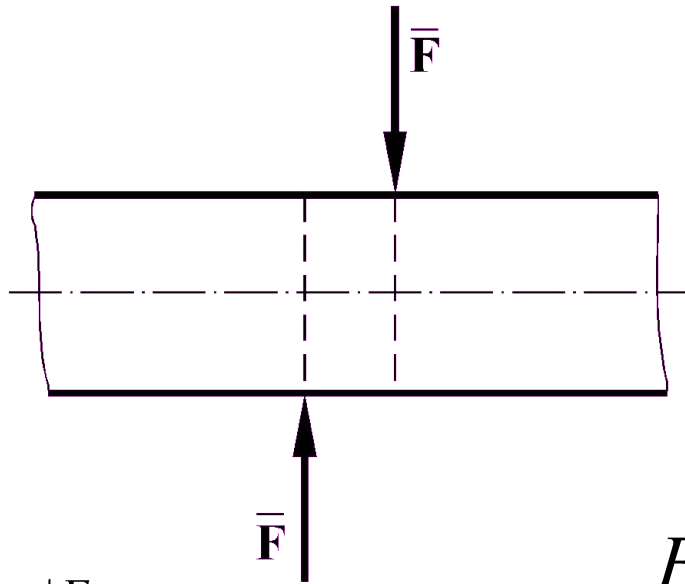
Графит

Соединения деталей машин

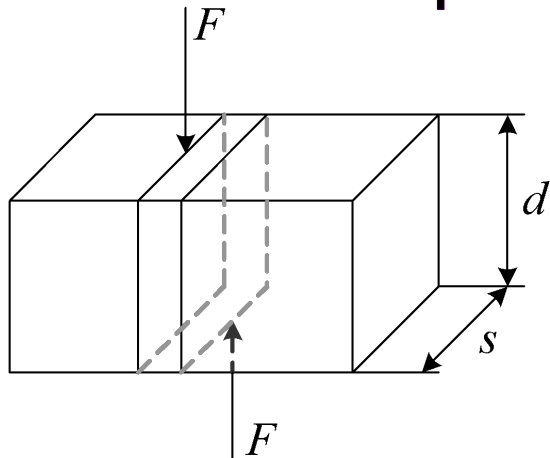
- **Неразъемные** - соединения, которые невозможно разобрать без разрушения или повреждения деталей. К ним относят клепаные, сварные, паяные, клееные соединения, а также соединения с натягом.
- **Разъемные** - соединения, которые можно разбирать и вновь собирать без повреждения деталей. К разъемным относят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

Сдвиг(Срез).

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

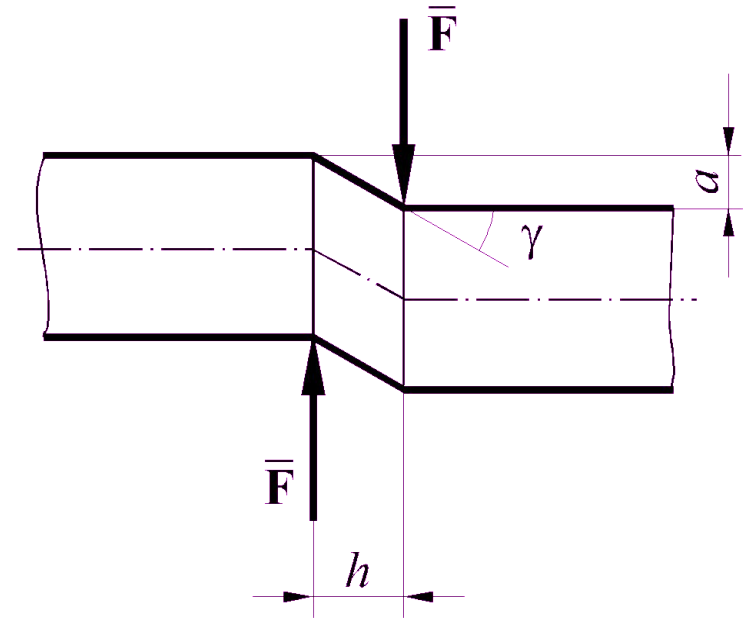


$$\tau = \frac{F}{A}$$



Площадь поперечного сечения

$$A = s \cdot d$$



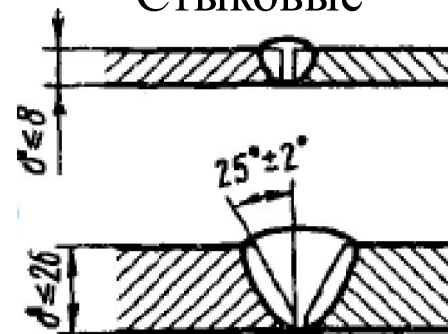
$$\gamma \approx \operatorname{tg} \gamma = \frac{a}{h}$$

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

Сварные соединения

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

Стыковые



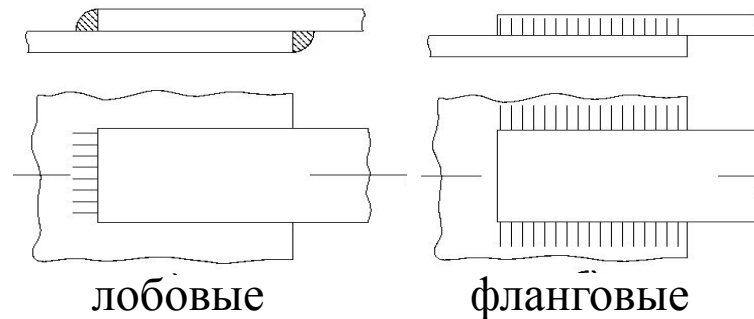
Растяжение

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

l – длина шва

F – растягивающая сила

Нахлесточные



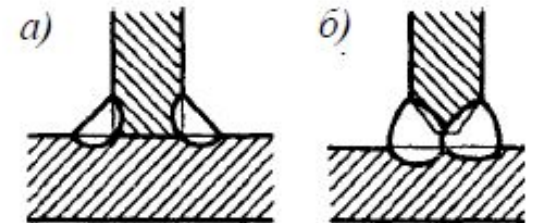
Срез

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

h – высота опасного сечения

$l_{ш}$ – длина шва (с двух сторон)

Тавровые

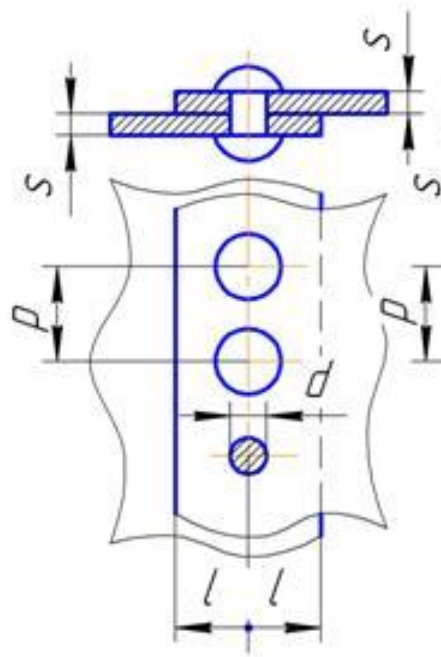


Расчет прочности зависит от нагружения

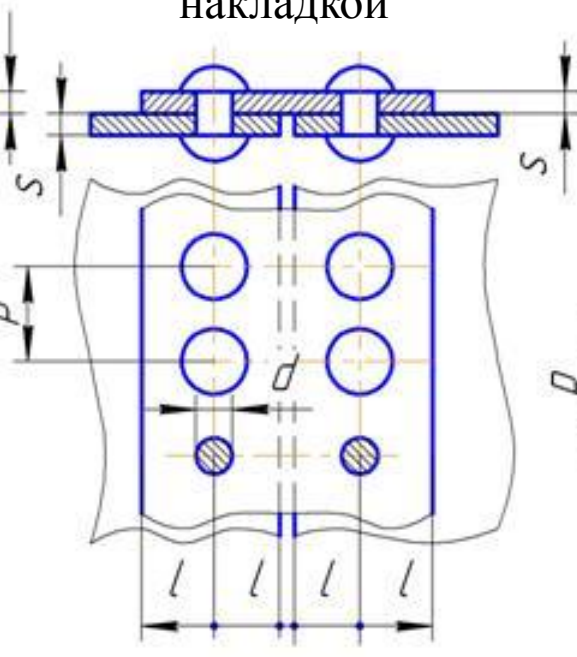
Заклепочные соединения

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

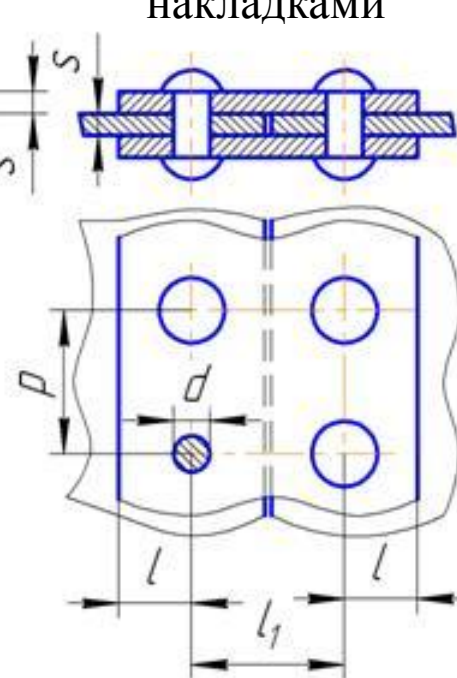
Нахлесточное



Стыковое с 1 накладкой



Стыковое с 2 накладками



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

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

Число плоскостей
среза

Количество
заклепок

Допустимые
напряжения
среза

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

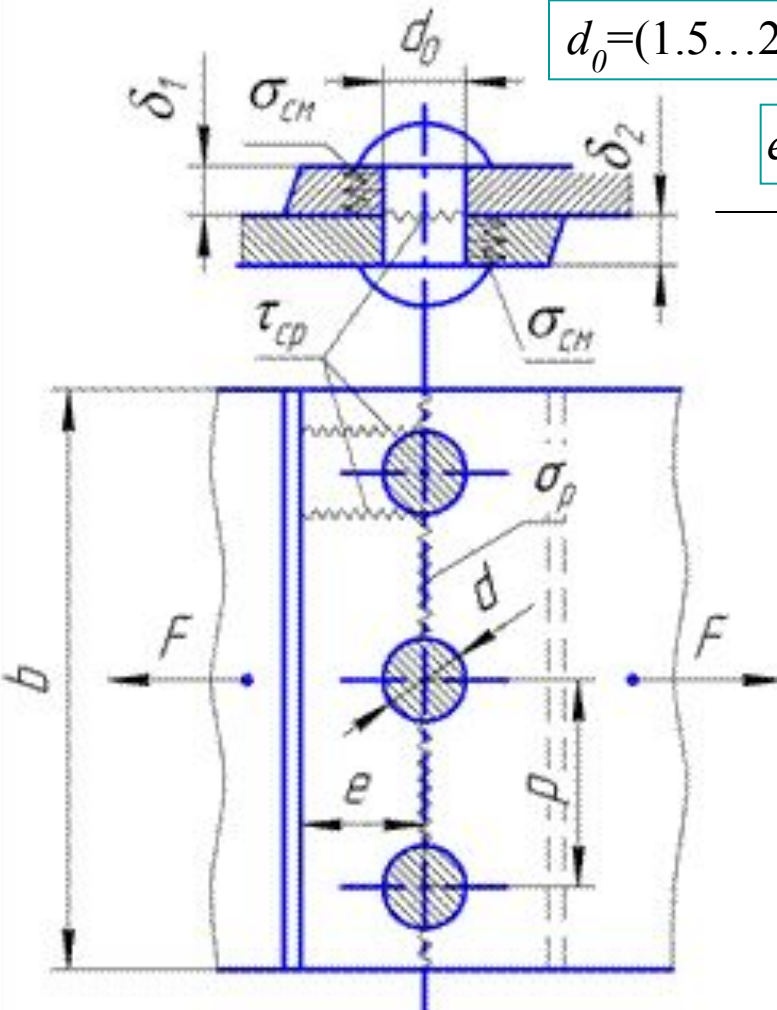
Наименьшая толщина
деталей

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

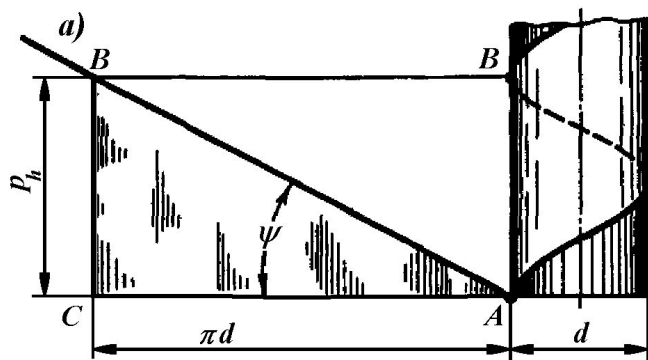
Резьбовые соединения – это разборные соединения с применением резьбовых крепёжных деталей (винтов, болтов, шпилек, гаек) или резьбовых элементов, выполненных на самих соединяемых деталях. Основным **признаком** резьбового соединения является **наличие резьбы** хотя бы на некоторых из деталей, входящих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

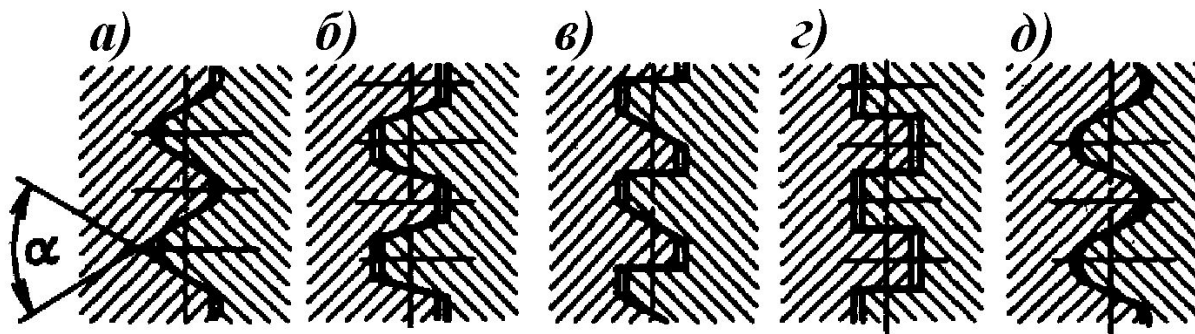
Винтовая линия

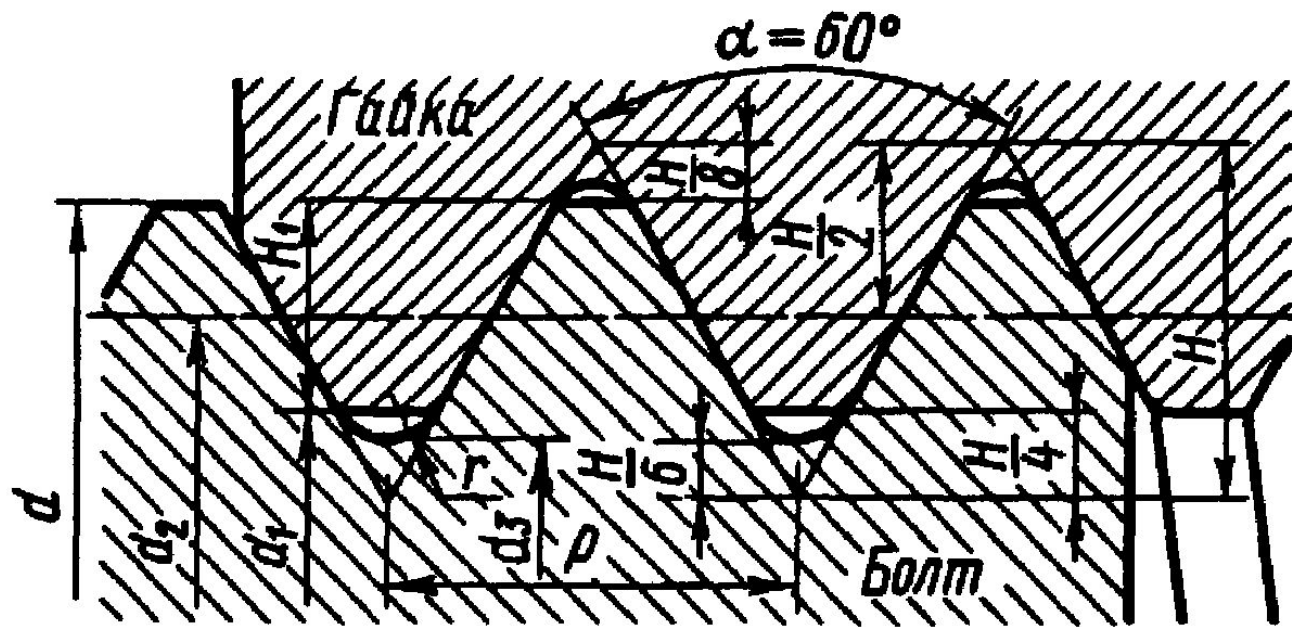


d — диаметр несущего цилиндра
(наружный диаметр резьбы);
 p_h — ход винтовой линии;
 ψ — угол подъёма винтовой линии.

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;

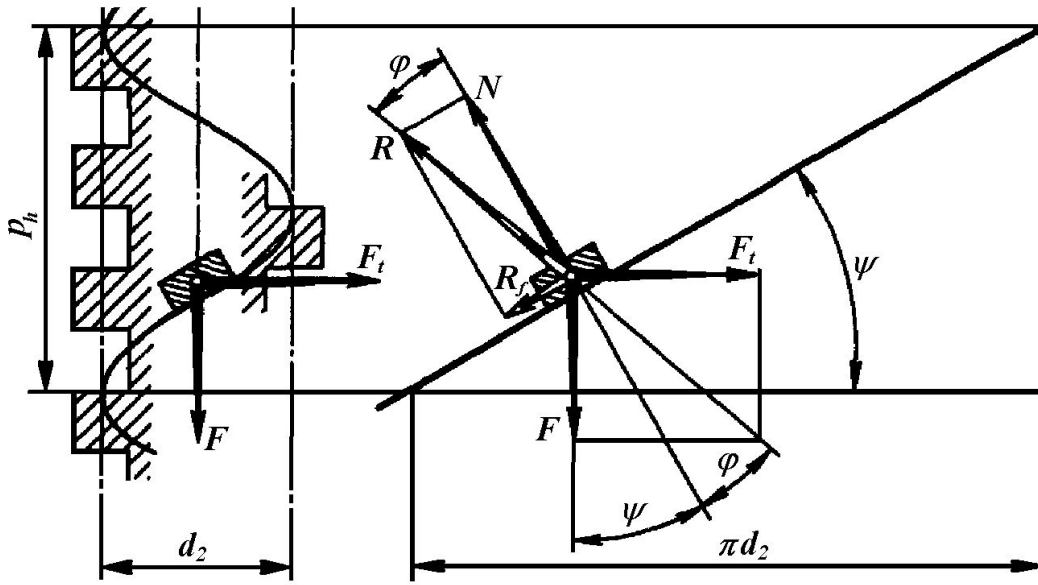
p_h – ход резьбы – расстояние между соседними гребнями резьбы, принадлежащими одному гребню нарезки;

α – угол профиля резьбы;

ψ – угол подъёма резьбы.

Резьбовые соединения

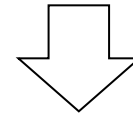
Силы в резьбовом соединении



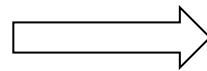
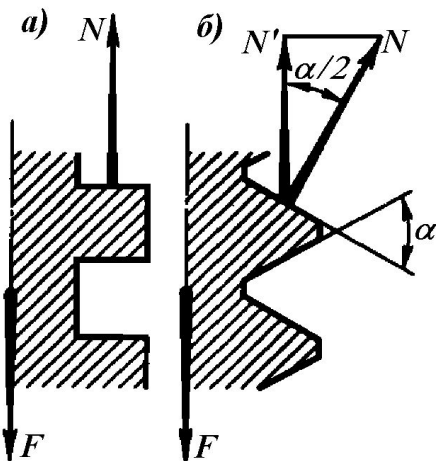
Сила трения в витках:

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

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

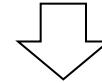
КПД резьбового соединения

При ведущем вращательном движении

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

При ведущем поступательном движении

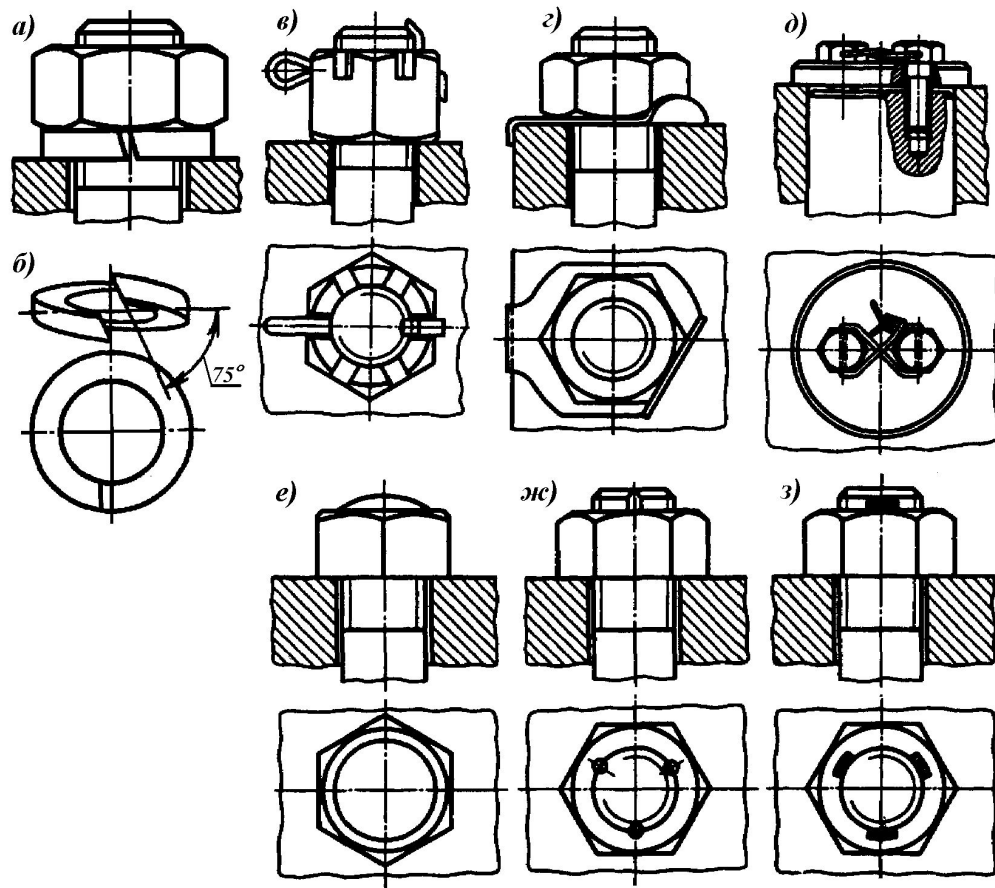
$$\eta = \frac{\operatorname{tg}(\psi - \phi')}{\operatorname{tg} \psi}$$



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

Резьбовые соединения

Способы стопорения резьбовых соединений:

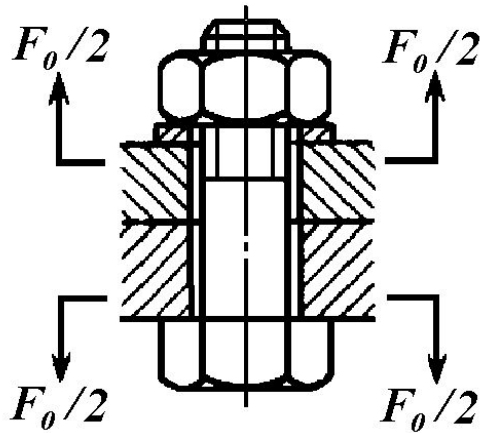


***а)* установкой пружинной шайбы; *б)* пружинная шайба в свободном состоянии; *в)* коронная гайка со шплинтом; *г)* отгибная шайба с усом; *д)* обвязка болтов проволокой; *е)* раклёпывание выступающего конца болта; *ж)* кернение в резьбу; *з)* прихватка сваркой в резьбу.**

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



Болтовое соединение,
нагруженное
растягивающей силой.

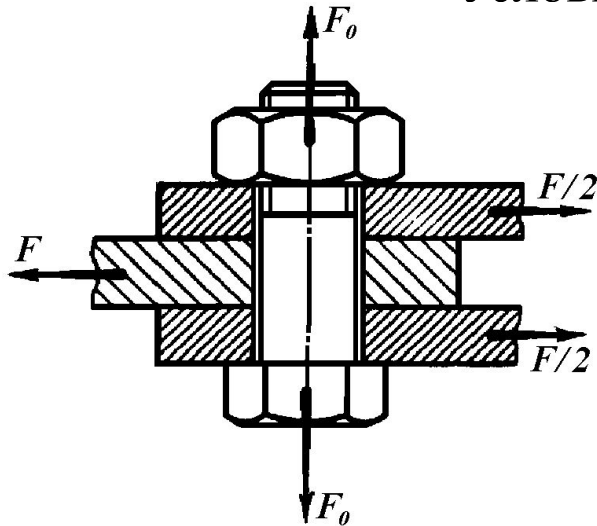
$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_0}{\pi \cdot [\sigma]_p}}$$

d_1 — внутренний диаметр резьбовой части стержня,

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

Резьбовые соединения

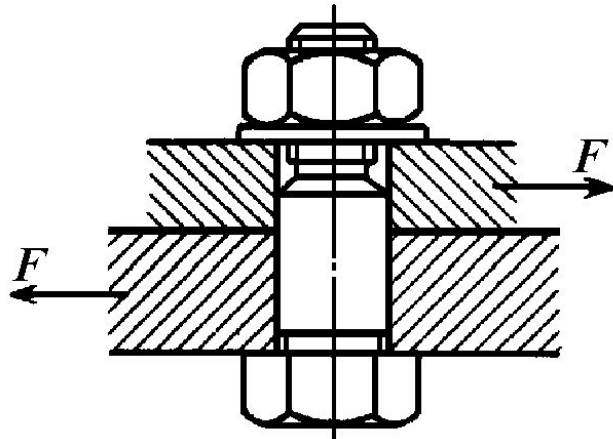
Условия прочности болтовых соединений



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