

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 аккумуляции 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

Неметаллические

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

Пластмассы (термопласты,
реактопласты)

Резина

Кожа

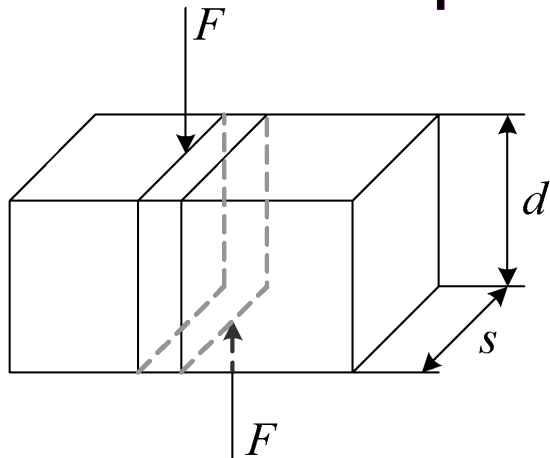
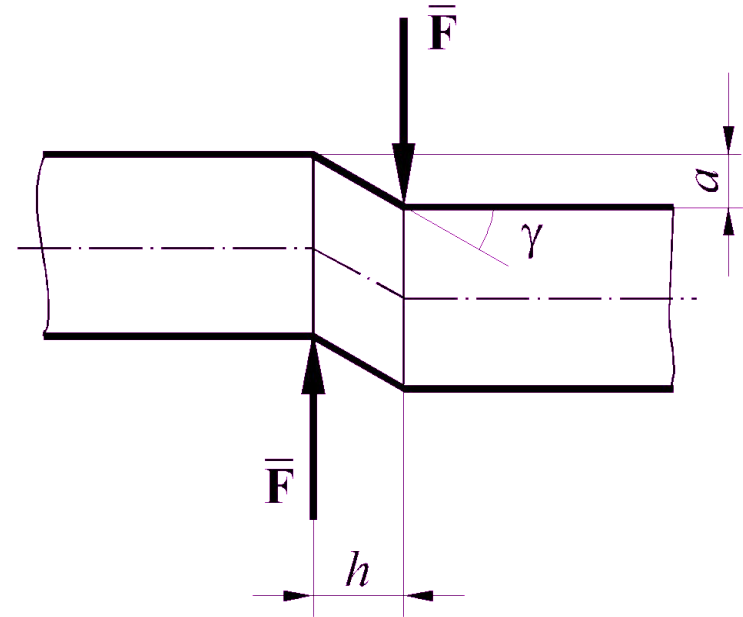
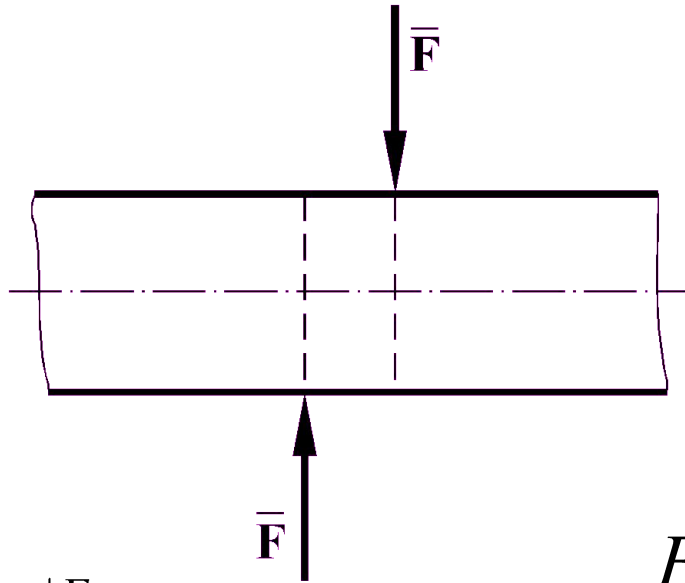
Графит

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

$$A = s \cdot d$$

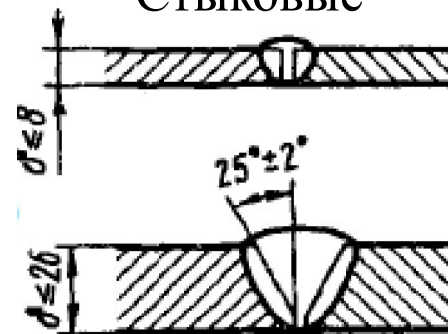
$$\gamma \approx \operatorname{tg} \gamma = \frac{a}{h}$$

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

Сварные соединения

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

Стыковые



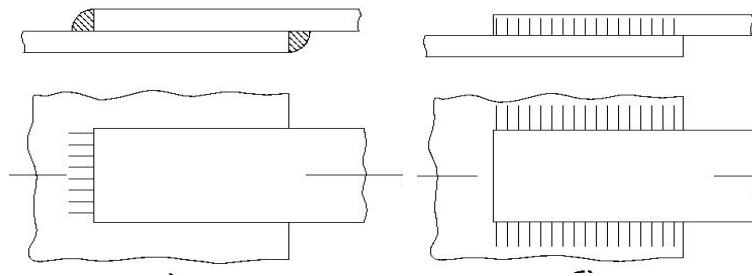
Растяжение

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

l – длина шва

F – растягивающая сила

Нахлесточные



лобовые

фланговые

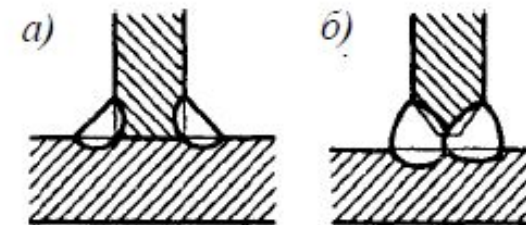
Срез

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

h – высота опасного сечения

$l_{ш}$ – длина шва (с двух сторон)

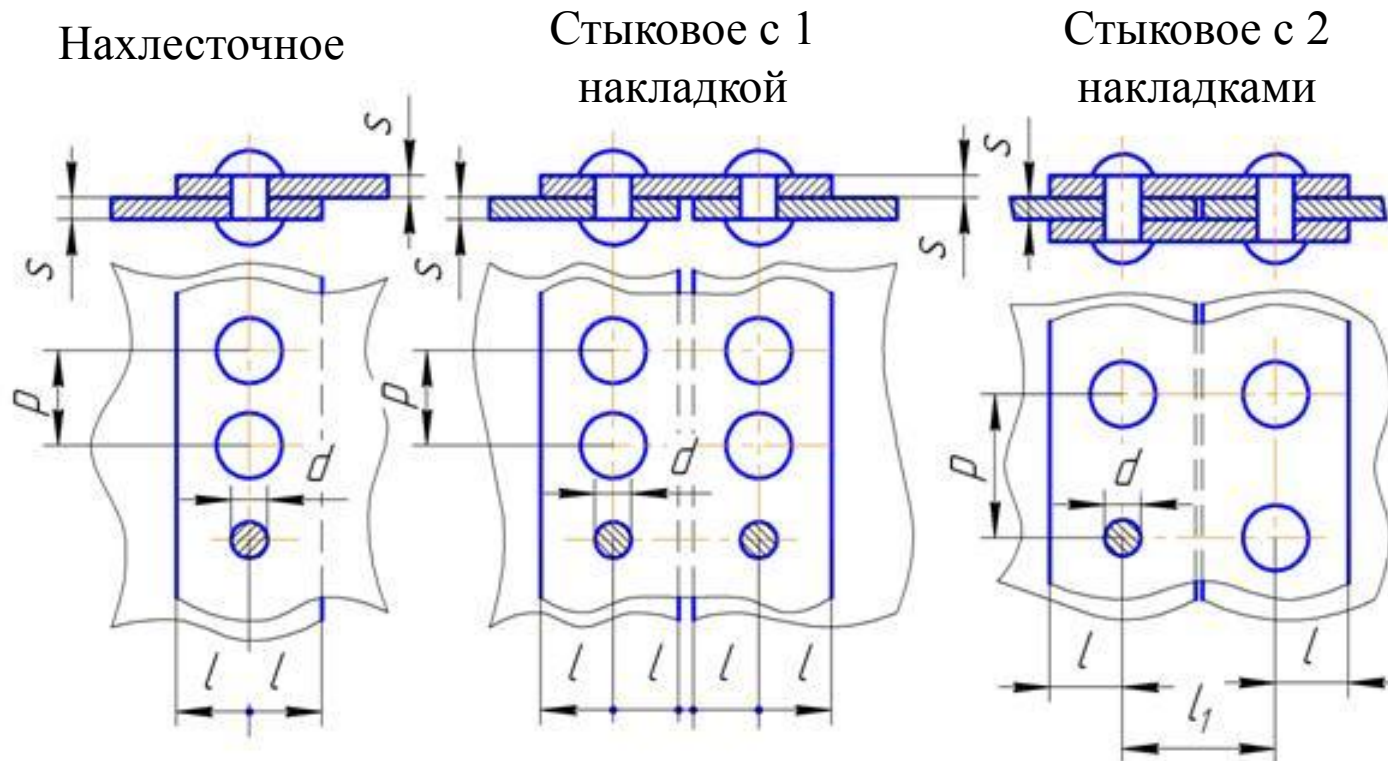
Тавровые



Расчет прочности зависит от нагружения

Заклепочные соединения

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



Заклепочные соединения

Прочностной расчет швов

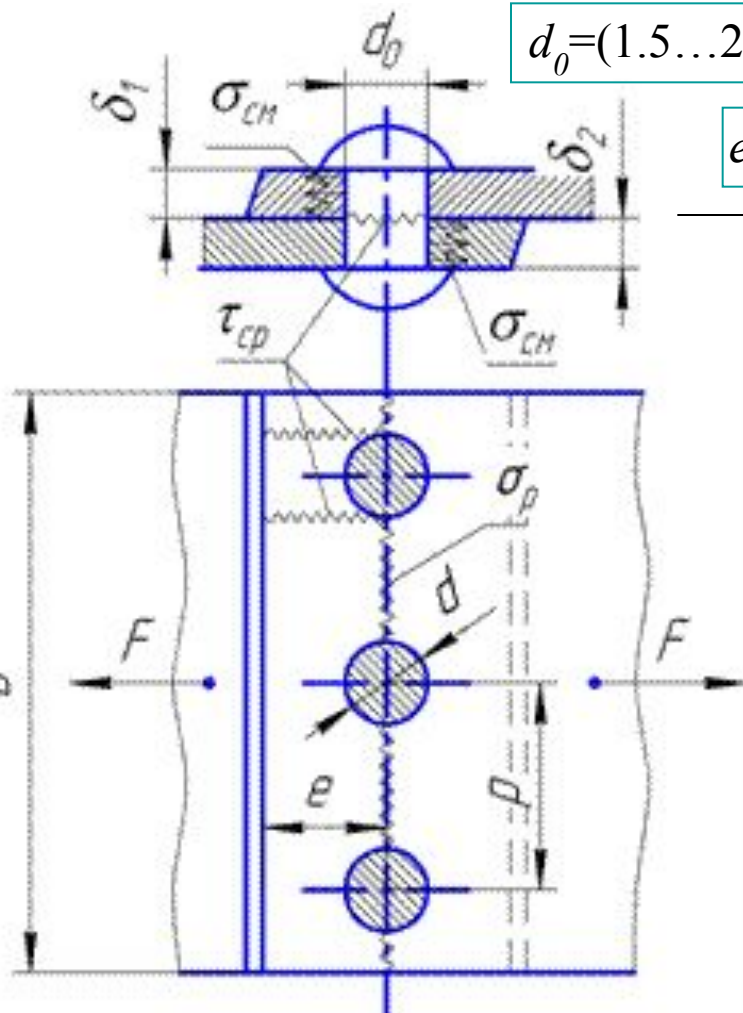
В настоящее время большинство заклепочных соединений работает на срез и смятие

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

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

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

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



Для равномерно распределенной нагрузки

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

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

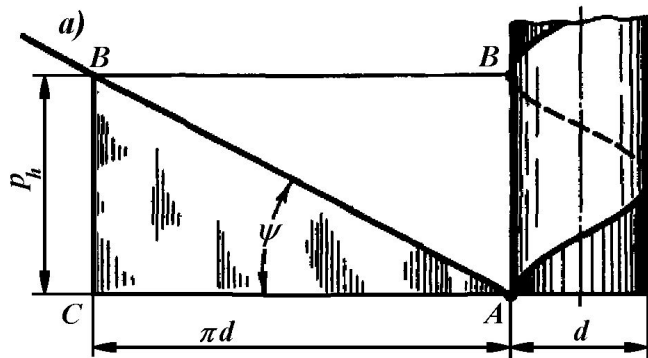
Резьбовые соединения – это разборные соединения с применением резьбовых крепёжных деталей (винтов, болтов, шпилек, гаек) или резьбовых элементов, выполненных на самих соединяемых деталях. Основным **признаком** резьбового соединения является **наличие резьбы** хотя бы на некоторых из деталей, входящих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

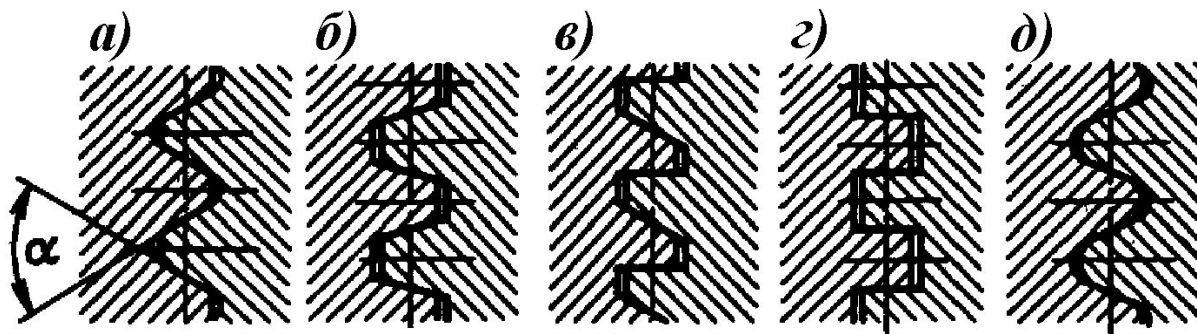
Винтовая линия

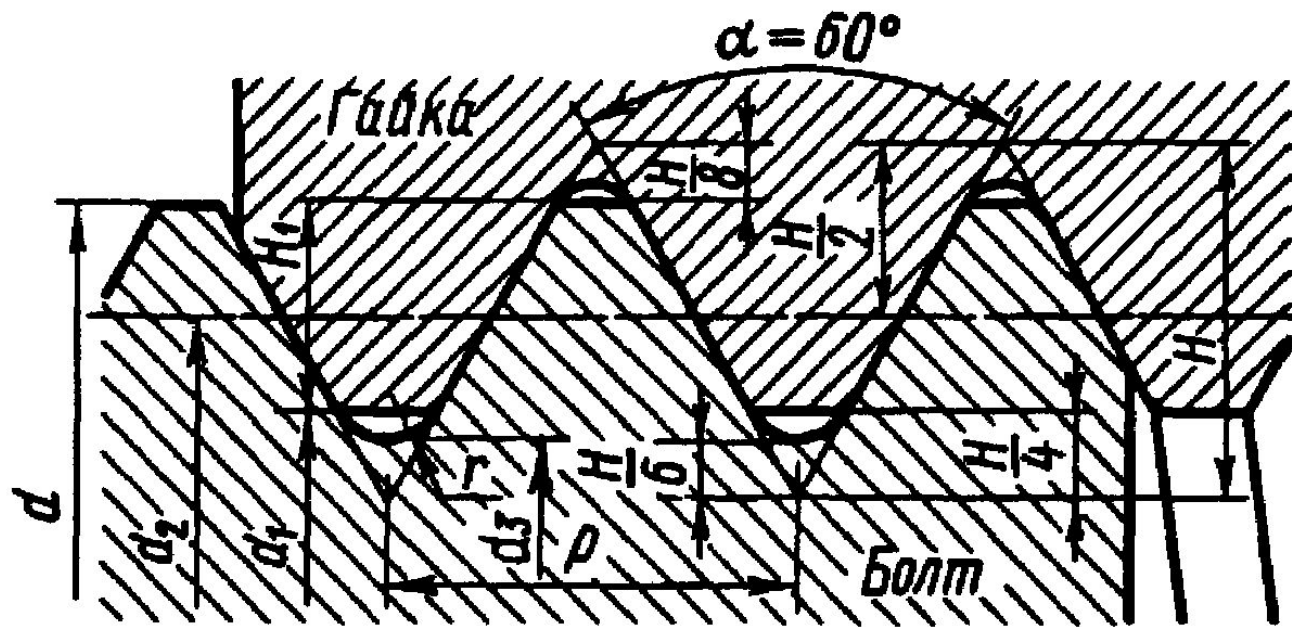


d – диаметр несущего цилиндра
(наружный диаметр резьбы);
 p_h – ход винтовой линии;
 ψ – угол подъёма винтовой линии.

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;

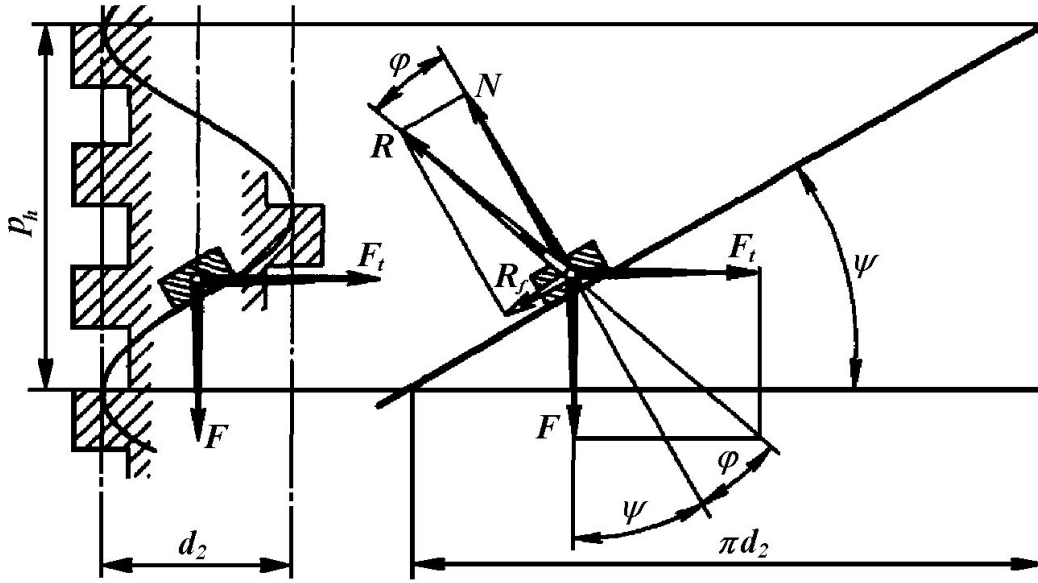
p_h – ход резьбы – расстояние между соседними гребнями резьбы, принадлежащими одному гребню нарезки;

α – угол профиля резьбы;

ψ – угол подъёма резьбы.

Резьбовые соединения

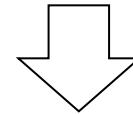
Силы в резьбовом соединении



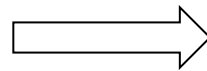
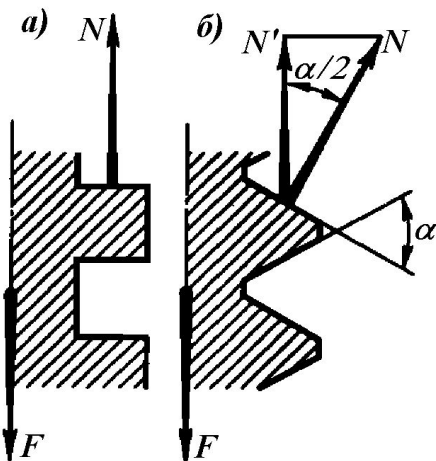
Сила трения в витках:

$$F_{тр} = f \cdot N$$

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

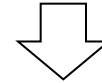
КПД резьбового соединения

При ведущем вращательном движении

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

При ведущем поступательном движении

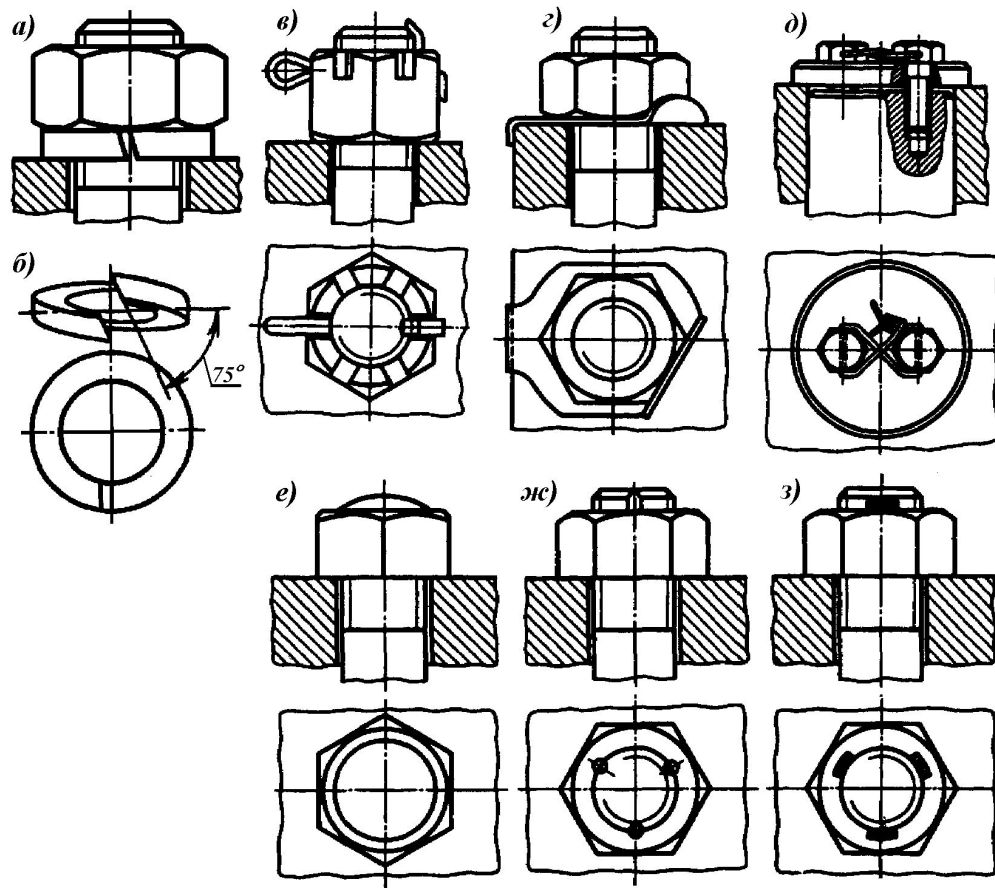
$$\eta = \frac{\operatorname{tg}(\psi - \phi')}{\operatorname{tg} \psi}$$



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

Резьбовые соединения

Способы стопорения резьбовых соединений:

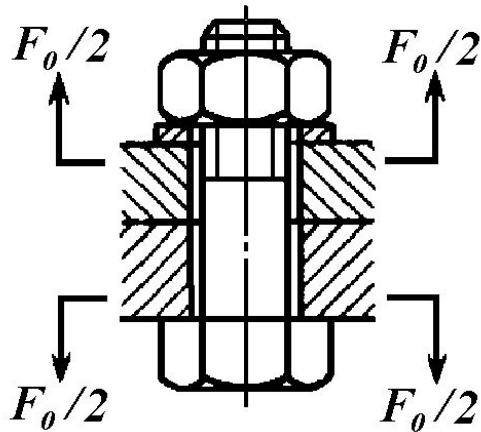


а) установкой пружинной шайбы; б) пружинная шайба в свободном состоянии; в) коронная гайка со шплинтом; г) отгибная шайба с усом; д) обвязка болтов проволокой; е) раклёпывание выступающего конца болта; ж) кернение в резьбу; з) прихватка сваркой в резьбу.

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



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

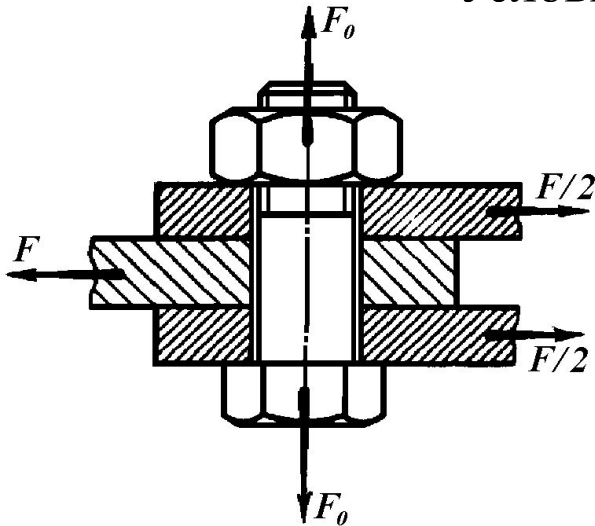
d_1 – внутренний диаметр резьбовой части стержня,

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

Болтовое соединение,
нагруженное
растягивающей силой.

Резьбовые соединения

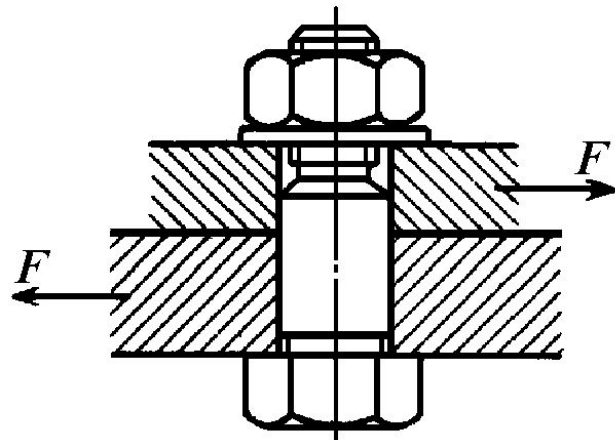
Условия прочности болтовых соединений



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