

# **ТЕМА: Расчет шпоночных соединений**

- 1) Шпоночные соединения.
- 2) Расчет шпоночных соединений

# Шпоночные соединения. Общие сведения

Шпоночное соединение – это разборное подвижное или неподвижное соединение двух деталей (вала и ступицы), с применением специальных закладных деталей - шпонок.

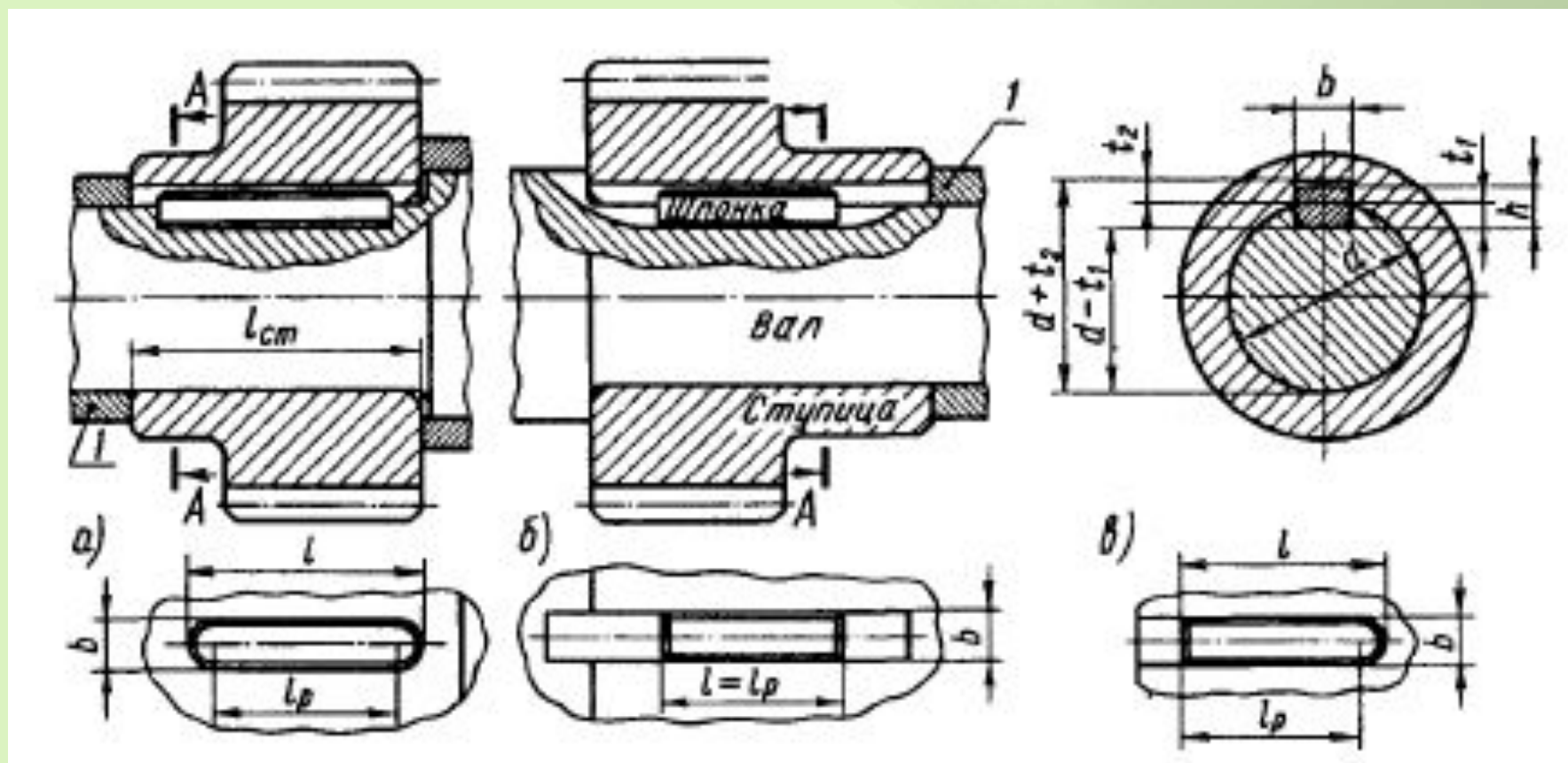


Рисунок 1 – Соединения призматической шпонкой

# Шпоночные соединения. Общие сведения

## Достоинства:

- 1) простота и надёжность конструкции;
- 2) лёгкость сборки и разборки;
- 3) простота изготовления и низкая стоимость.

## Недостатки:

- 1) ослабление сечений вала и ступицы шпоночным пазом;
- 2) высокая концентрация напряжений в углах шпоночного паза;
- 3) необходимость удлинения ступиц колес для передачи больших моментов;
- 4) для большинства соединений децентровка (смещение оси ступицы относительно оси вала) на половину диаметрального зазора.

# Шпоночные соединения. Классификация

**по степени подвижности:**

- **подвижное**
- с **направляющей шпонкой**;
- со **скользящей шпонкой**;
- **неподвижное**;

**по усилиям, действующим в соединении:**

- **напряжённые**, такие, в которых напряжения создаются при сборке и существуют независимо от наличия рабочей нагрузки, все напряжённые соединения являются неподвижными;
- **ненапряжённые**, в которых напряжения возникают только при воздействии рабочей нагрузки;

**по виду применяемых шпонок:**

- с **призматической шпонкой**, неподвижные или подвижные, в подвижном соединении скользящая и направляющая шпонки призматические;
- с **сегментной шпонкой**;
- с **цилиндрической шпонкой**;
- с **клиновой шпонкой**, соединение напряжённое;
- с **тангенциальной шпонкой**, соединение напряжённое;

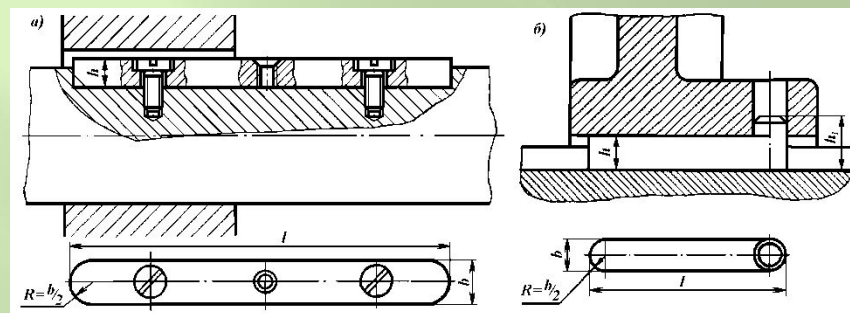
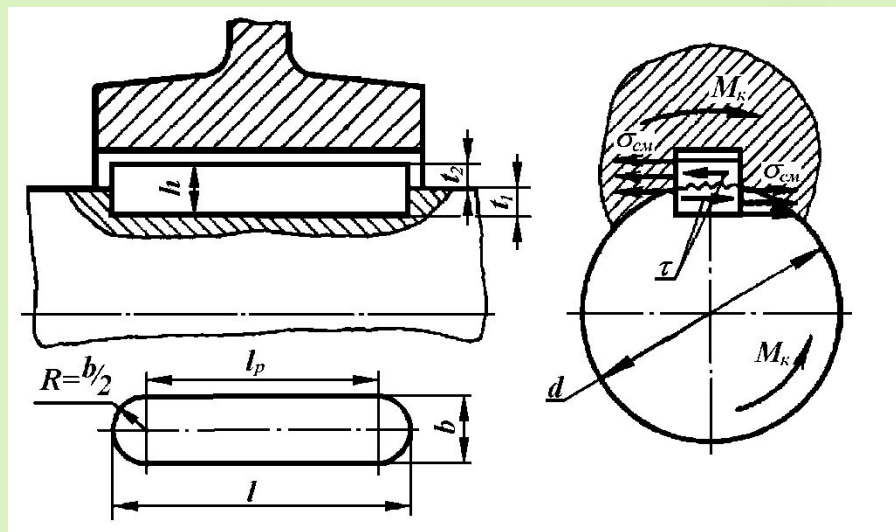
# Шпоночные соединения. Призматические шпонки

Поперечное сечение шпонки имеет форму прямоугольника. Размеры сечения призматических шпонок стандартизованы для различных диаметров валов.

Шпонка в паз вала устанавливается в большинстве случаев по более плотной посадке по сравнению с пазом ступицы. Посадки назначаются в зависимости от условий работы соединения. Поля допусков шпонки: по размеру  $b$  (рисунок 2) принимают  $h9$ ,  $h - h9$  или  $h11$ . Поля допусков паза вала: по размеру  $b$  принимают  $H9$ ,  $N9$ ,  $P9$ ,  $t_1 - H14$  или  $h14$ . Поля допусков паза ступицы:  $b$  принимают  $D10$ ,  $Js9$ ,  $P9$ .

## Виды призматических шпонок:

закладные (рисунок 1); направляющие (рисунок 2, а); скользящие (рисунок 2, б).



**Рисунок 3 – Подвижные соединения призматической шпонкой:**

- а) направляющая шпонка;
- б) скользящая шпонка

**Рисунок 2 – Неподвижное соединение призматической шпонкой**

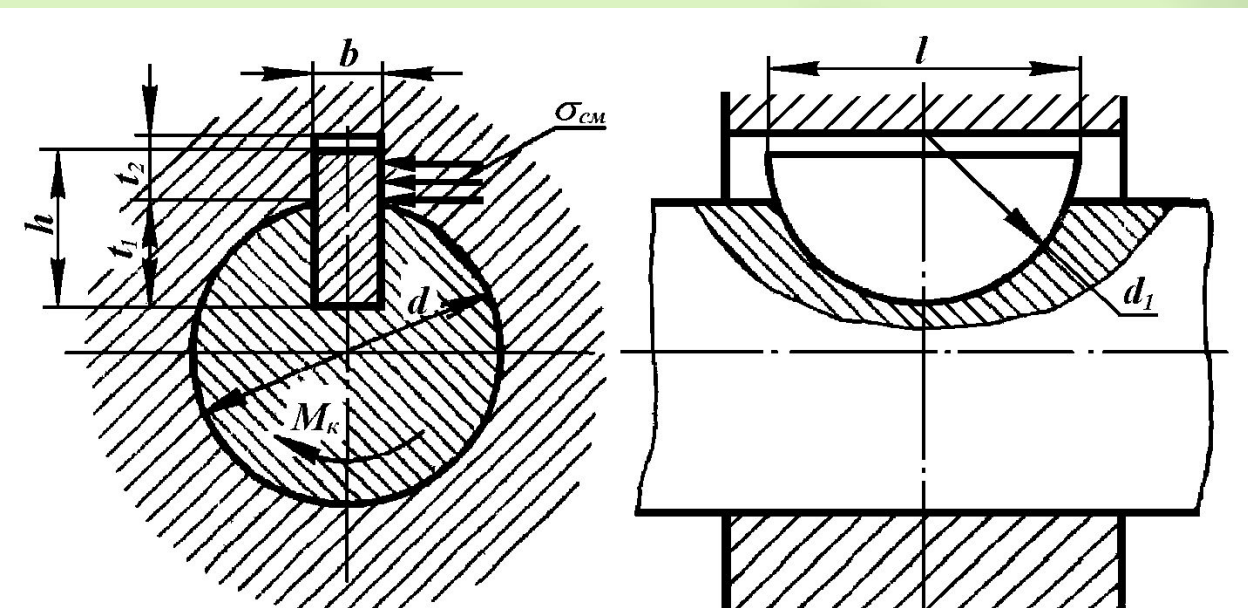
# Шпоночные соединения. Сегментные шпонки

Размеры сечения шпонок **стандартизованы**. Применяются на участках валов, нагруженных незначительными изгибающими моментами. Такими участками обычно являются их концевые участки.

## **Достоинства:**

- 1) не требует индивидуальной подгонки;
- 2) крепление шпонок на валу устойчивее, вследствие большей глубины врезания;
- 3) демонтаж шпонок несложен и осуществляется легким ударом по концу шпонки.

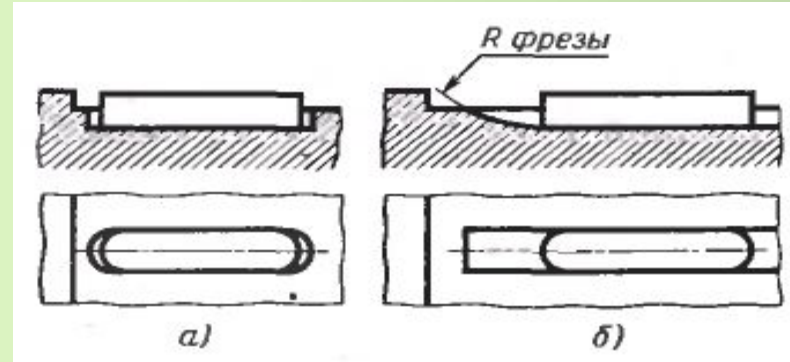
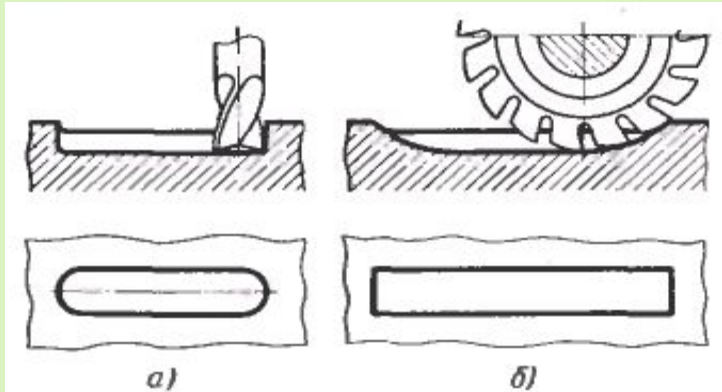
**Недостаток:** сильнее ослабляет поперечное сечение вала.



**Рисунок 4 – Соединение сегментной шпонкой**

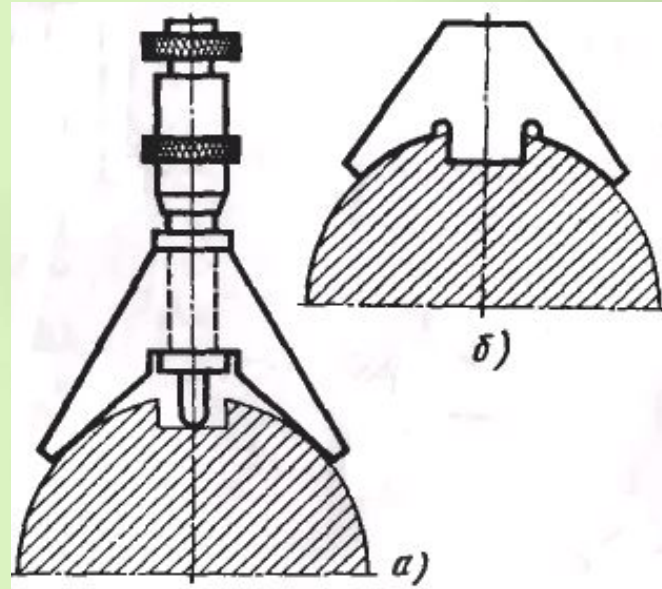
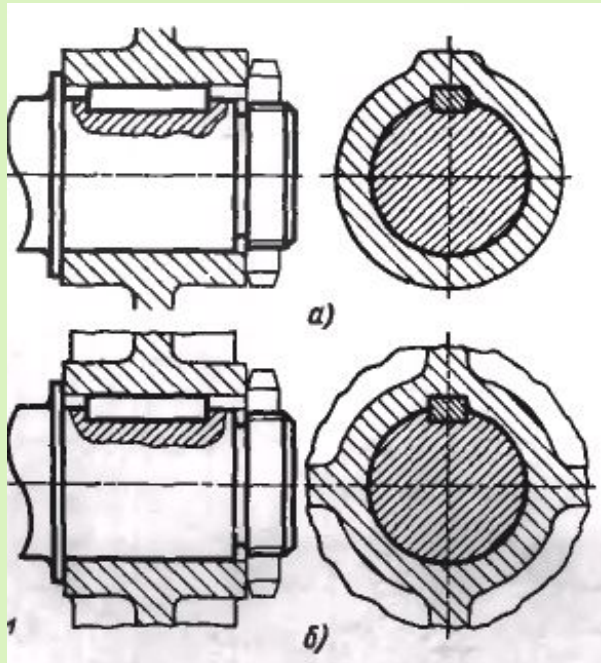
# Шпоночные соединения.

## Изготовление, монтаж, контроль

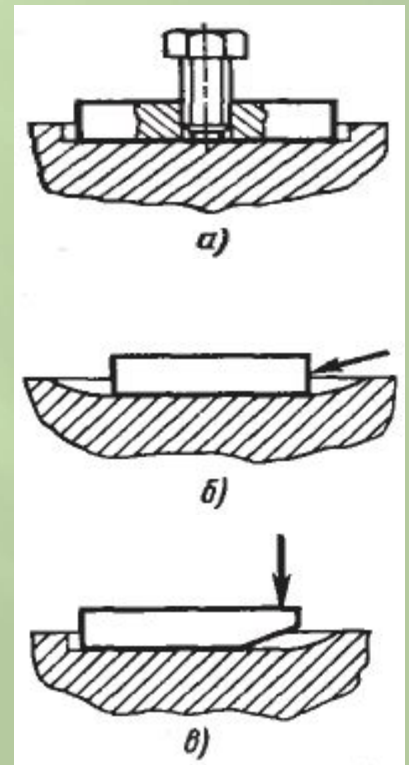


а) обработка шпоночных пазов

б) установка шпонок



г) контроль глубины паза



д) демонтаж шпонок

в) усиление ступиц и осевая фиксация

# Шпоночные соединения. Расчет на прочность

**Несущая способность** призматических и сегментных шпонок на срез обычно несколько выше их несущей способности на смятие (рисунок 5). Если размеры поперечного сечения шпонки выбираются из нормального ряда, то условие прочности на срез выполняется автоматически.

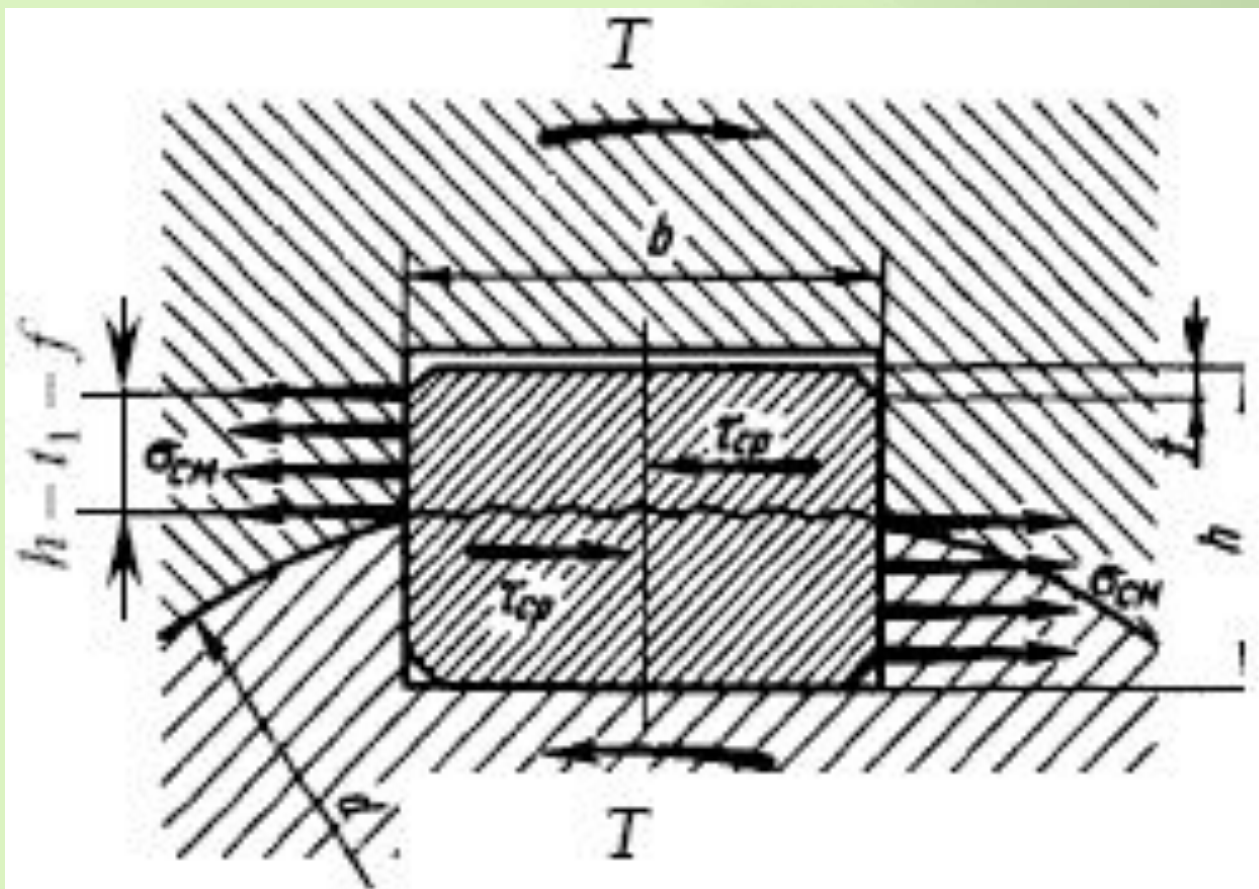


Рисунок 5 – Расчетная схема шпоночного соединения



# Шпоночные соединения. Расчет на прочность

Проверочный расчет выполняется по напряжениям смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{d l_p (h - t_1)} \leq [\sigma]_{см};$$

где  $T$  – передаваемый соединением крутящий момент, Н·мм;  $d$  – диаметр вала, мм;  $l_p$  – рабочая длина шпонки (без учета длины закруглённых торцов), мм;  $h$  – высота шпонки, мм;  $t_1$  – величина заглабления шпонки в паз вала, мм;  $[\sigma]_{см}$  – допускаемые напряжения смятия, принимают равными от 80 до 150 МПа.

Для подвижных соединений с целью предупреждения образования задиров и заедания при осевом перемещении ступицы допускаемые напряжения принимают уменьшенными в 2...4 раза.

В особо ответственных соединениях или при использовании нестандартных материалов шпонки, выполняется её проверочный расчёт на срез:

$$\tau = \frac{2T}{d l b} \leq [\tau];$$

где  $l$  – полная длина шпонки, мм;  $b$  – ширина шпонки, мм.

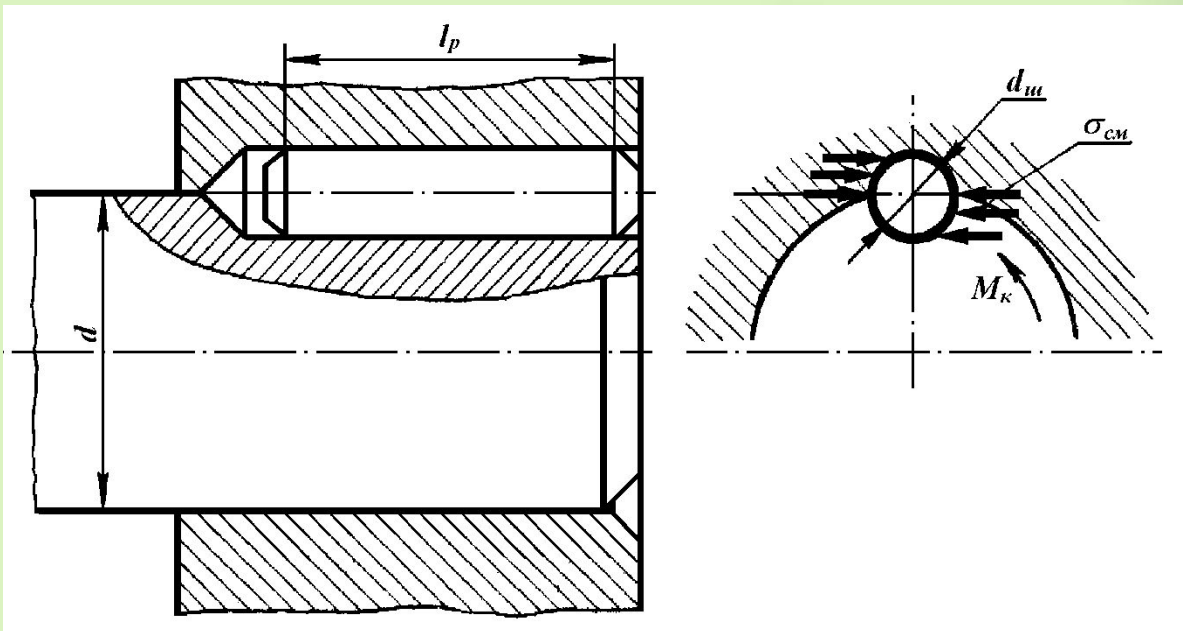
# Шпоночные соединения. Цилиндрические шпонки

По условиям изготовления и сборки соединения применяют на концевых участках валов.

Подбор диаметра шпонки производят по напряжениям смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{d l_p d_{ш}} \leq [\sigma]_{см}$$

где  $T$  – передаваемый крутящий момент, Н·мм; а геометрические параметры соединения, входящие в формулу представлены на рисунке 6.



**Рисунок 6 – Соединение цилиндрической шпонкой**

# Штифтовые соединения

**Штифт** – деталь цилиндрической либо конической формы. Применяют два способа установки штифтов:

а) штифт расположен параллельно оси вращения (рисунок 9, а). Устанавливается по посадке с натягом.

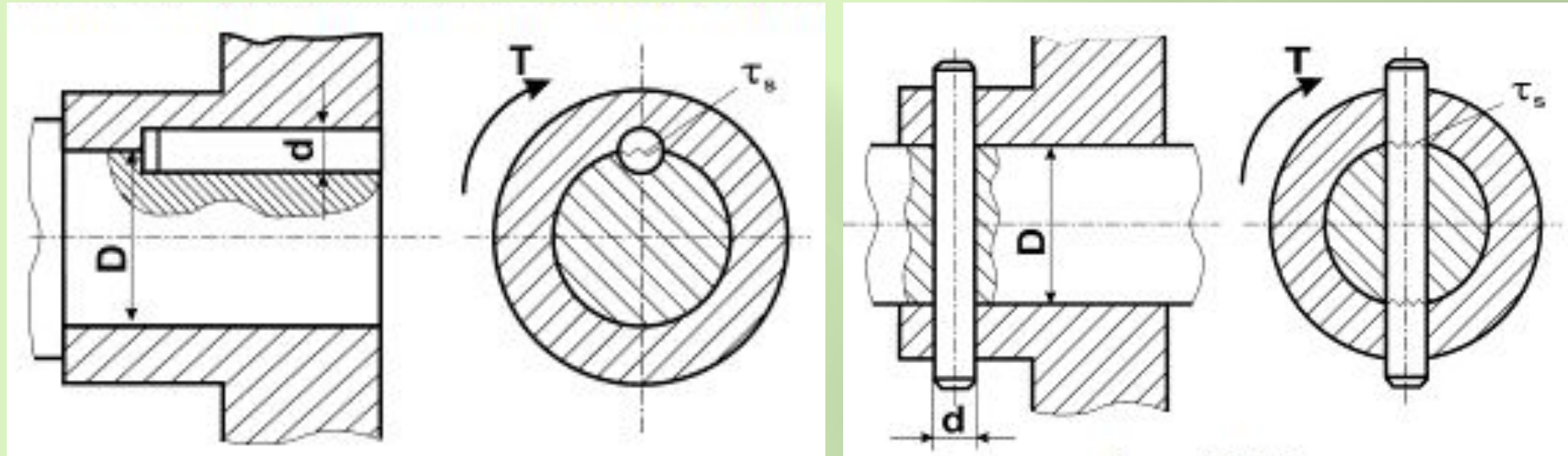
б) штифт установлен в радиальном направлении (рисунок 9, б).

$$\tau_{cp} = \frac{2T}{Dd l} \leq [\tau]_{cp}$$

$l$  - длина штифта, мм

$$\tau_{cp} = \frac{2T}{DS i} \leq [\tau]_{cp}$$

$S$  - площадь опасного сечения, мм  
 $i$  - число плоскостей среза.



а)

б)

Рисунок 9 – Штифтовое соединение

# Штифтовые соединения

## Достоинства:

- 1) вследствие благоприятной формы выемок в вале и ступице концентрация напряжений относительно невелика;
- 2) невысокая стоимость и необходимость наличия несложного инструмента для механической обработки.

## Недостатки :

- 1) необходимость совместной обработки отверстий под штифты в вале и ступице;
- 2) материал детали (ступицы) и вала должен быть одинаковой твердости, т.к. при сверлении возможен уход сверла в сторону более мягкого материала (исполнение «а»);
- 3) отверстия сильно ослабляют вал (исполнение «б») и отсутствует затяжка соединения.

**Лекция закончена.  
Спасибо за внимание!**