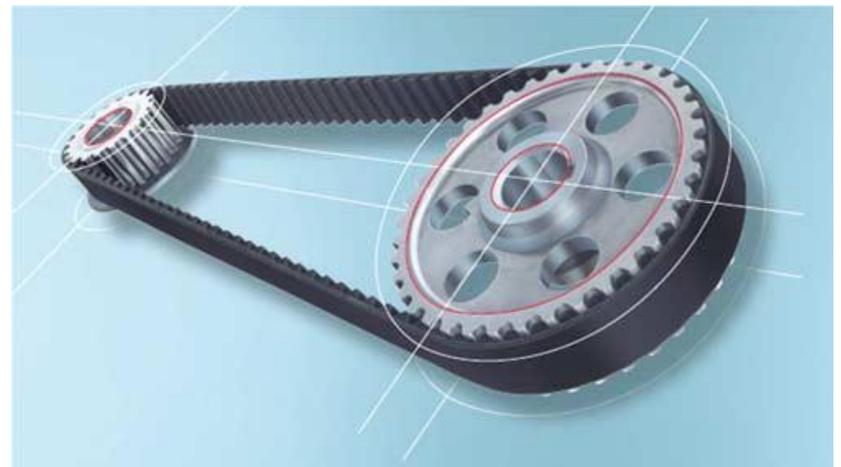
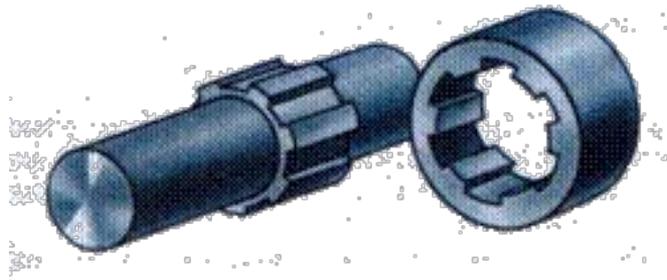
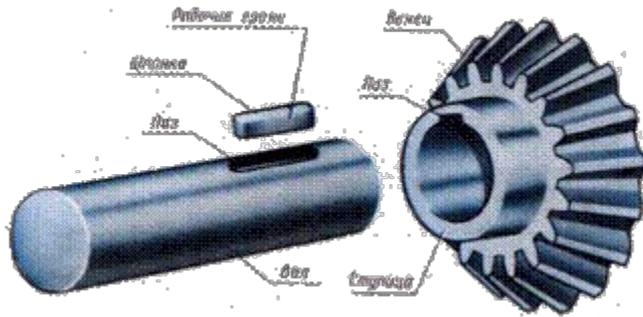


Механика 1.3

Лекция 6

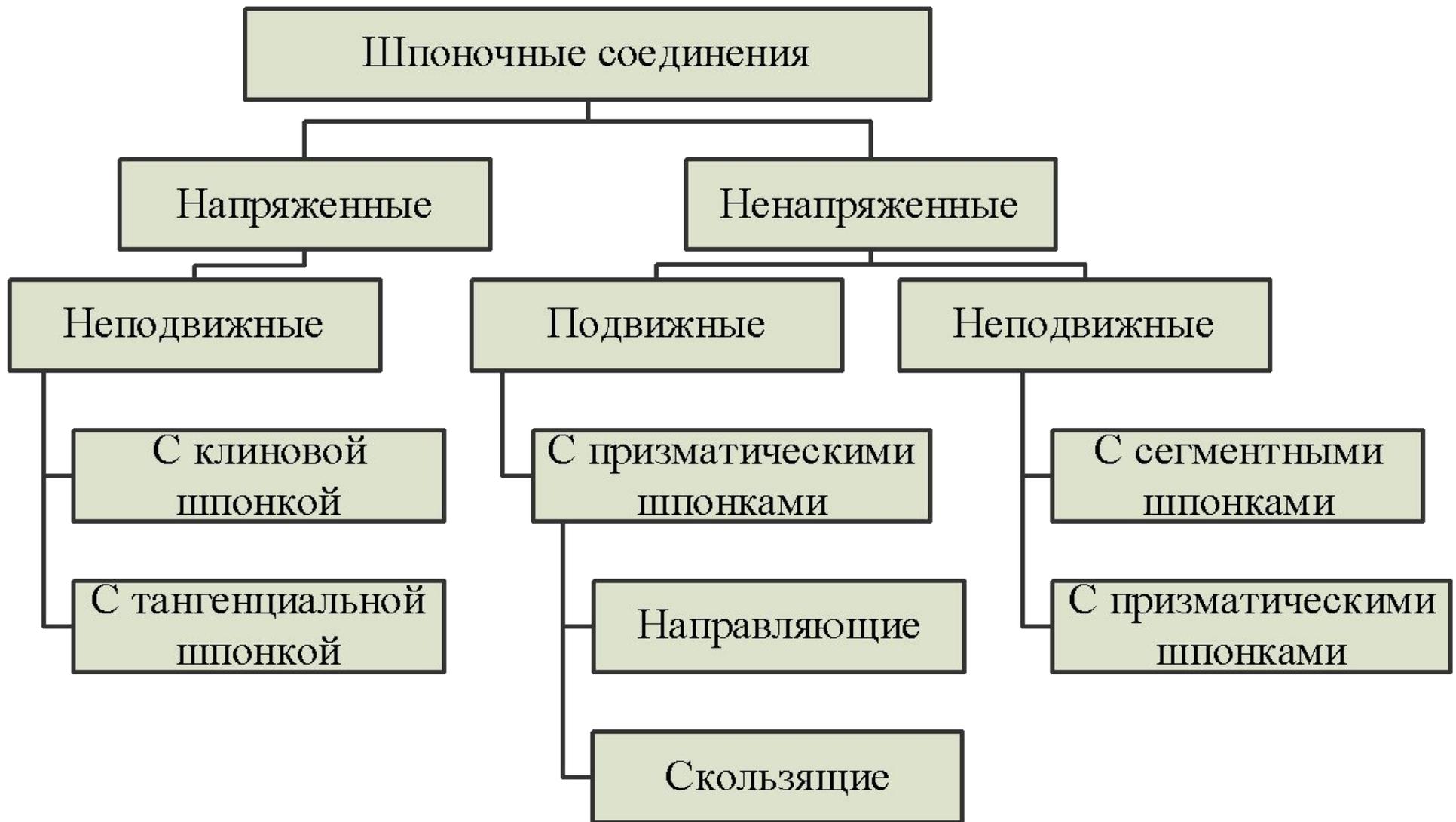


Шпоночные соединения

Шпоночные соединения – это разборные подвижные или неподвижные соединения двух деталей, с применением специальных закладных деталей – **шпонок**.

Шпоночное соединение применяется, как правило, для подвижного или неподвижного соединения двух деталей (вала и ступицы) с целью предотвращения их относительного проворота при передаче крутящего момента

Достоинства	Недостатки
простота и надёжность	ослабление сечений вала и ступицы
лёгкость сборки и разборки	концентрация напряжений
низкая стоимость	децентровка деталей

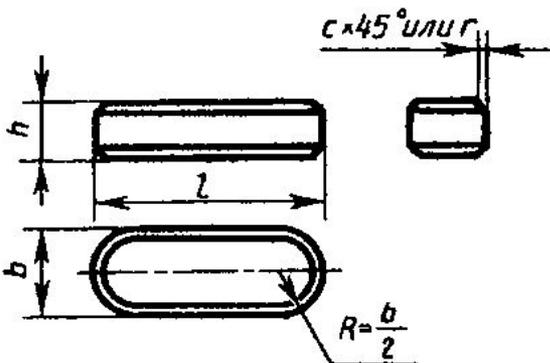


Призматические шпонки

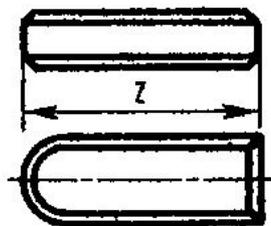


Рабочая грань

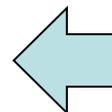
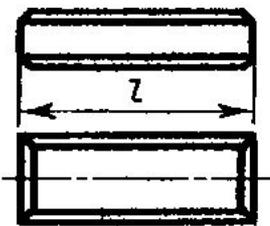
Исполнение 1



Исполнение 2

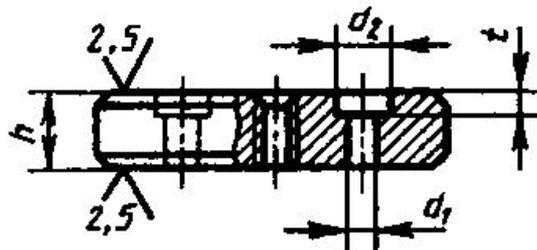


Исполнение 3

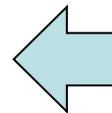
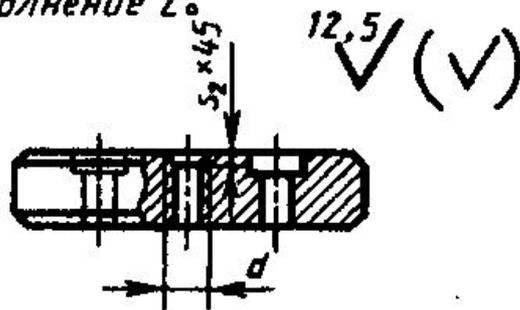


Неподвижные
ГОСТ 10748—79

Исполнение 1

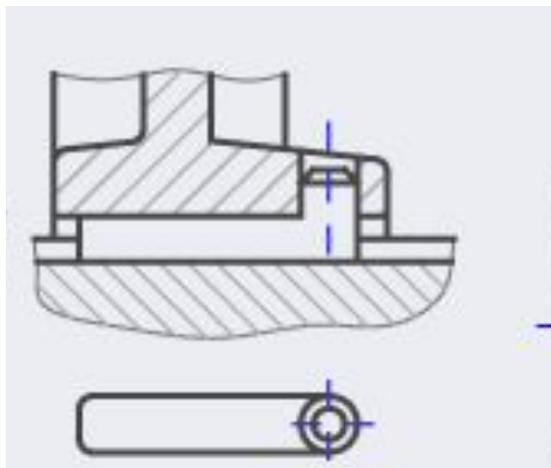


Исполнение 2



Направляющие
ГОСТ 8790—79

Призматические шпонки



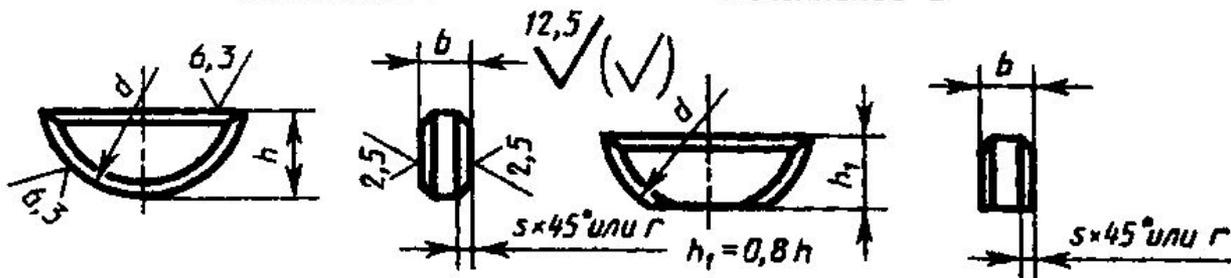
Скользящие
ГОСТ 12208-66

Сегментные шпонки



Исполнение 1

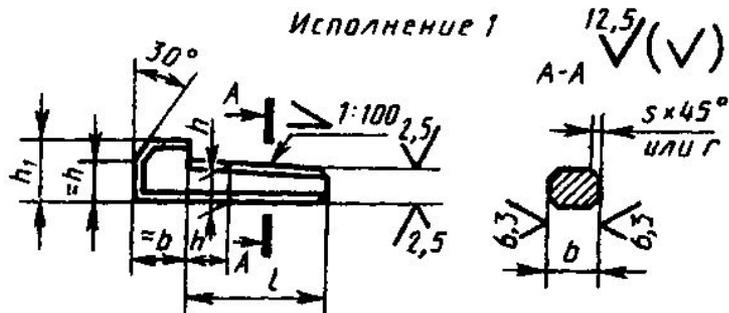
Исполнение 2



Неподвижные
ГОСТ 24071-80

Клиновые шпонки

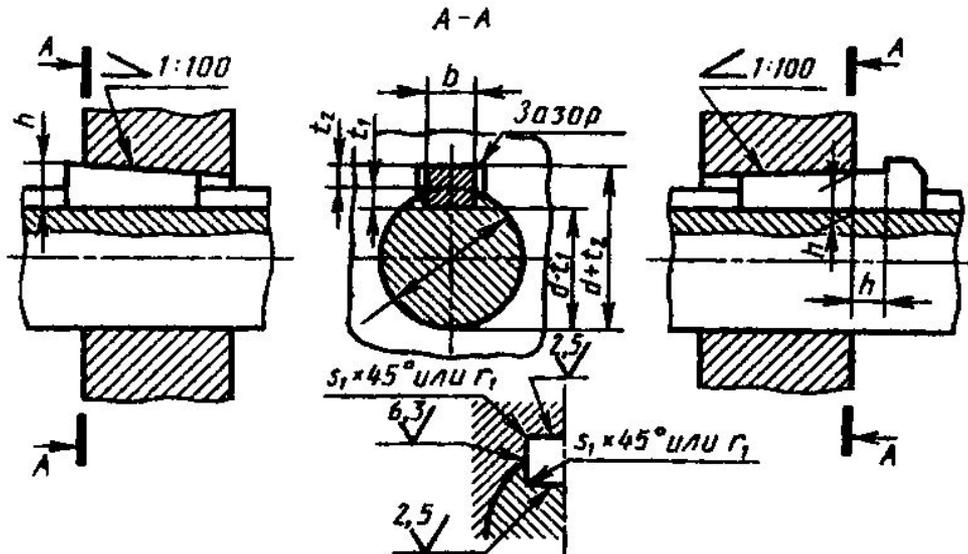
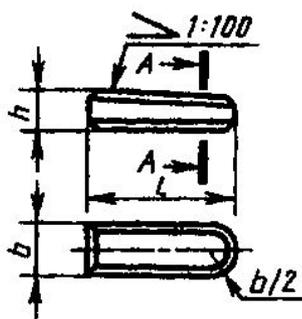
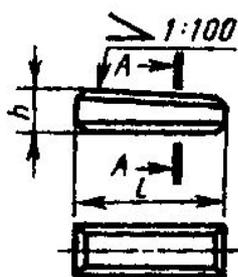
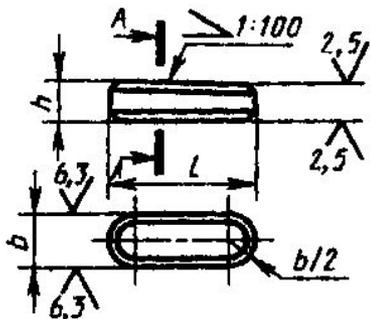
Исполнение 1



Исполнение 2

Исполнение 3

Исполнение 4



Шпонки изготавливают из сталей, имеющих временное сопротивление на разрыв не менее 590 МПа (наиболее часто используется стали 45 и 50) с твердостью (30-40) HRC

Допускаемые напряжения на смятие:

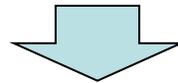
- при стальной ступице $[\sigma]_{см} = 30...200$ МПа;
- при чугунной $[\sigma]_{см} = 80...110$ МПа;

Допускаемые напряжения на срез:

$$[\tau]_{ср} = 70...100 \text{ МПа}$$

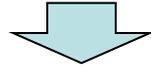


Соотношение размеров **призматических** шпонок обеспечивает выполнение условия прочности на срез при выполнении условия прочности на смятие

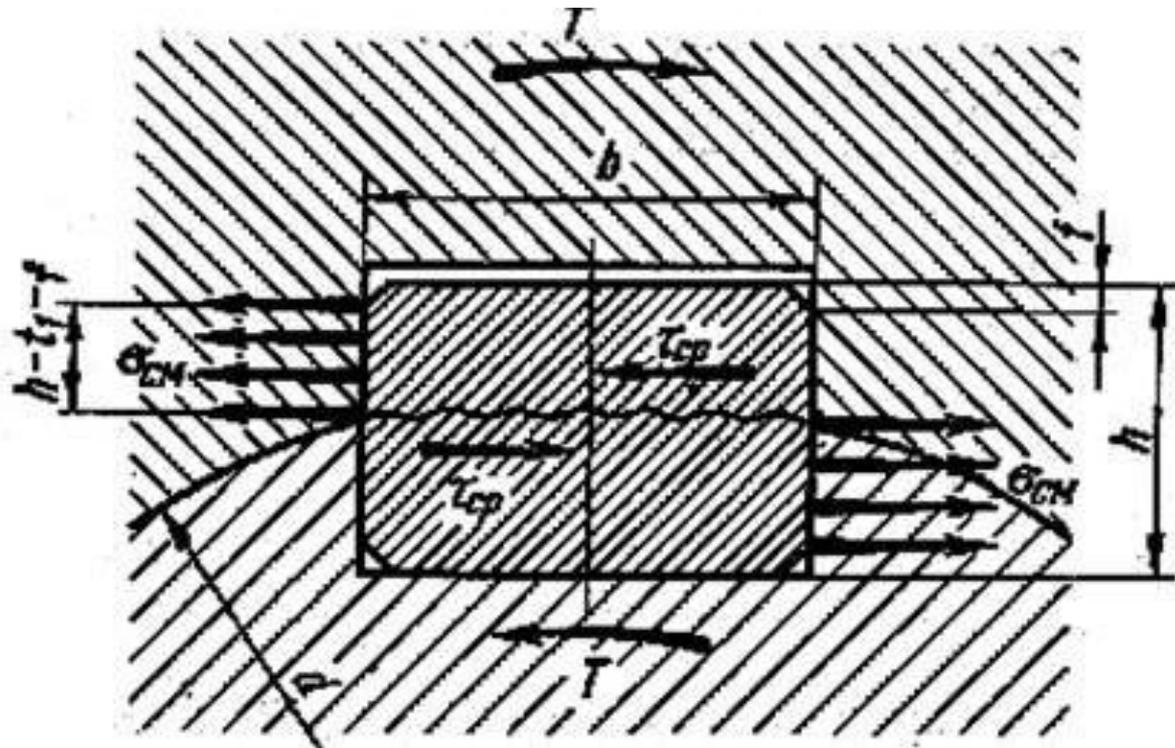
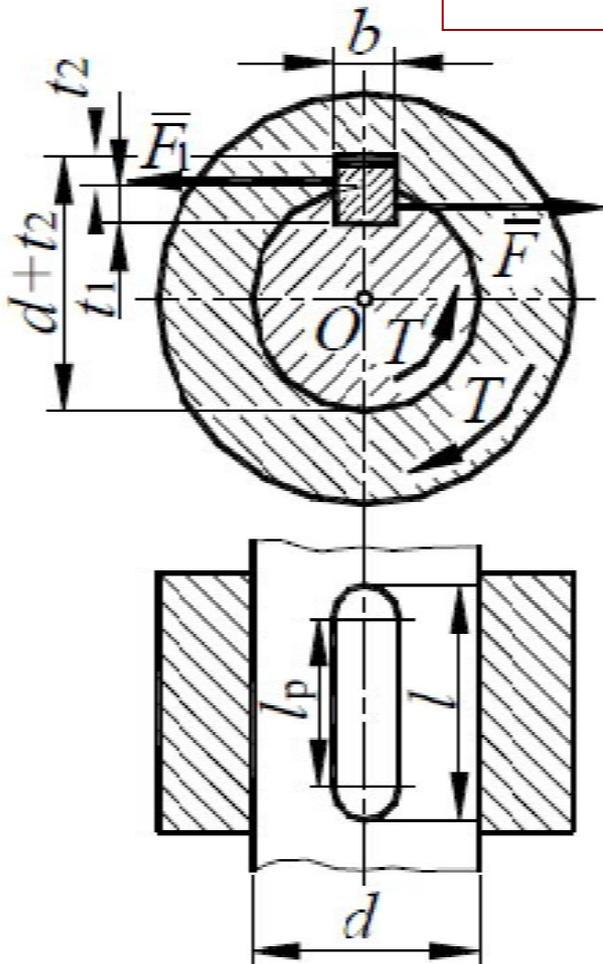


Достаточно обеспечить выполнение условия прочности на смятие

$$\sigma_{cm} = \frac{F}{A}; F = \frac{2T}{d}; A = l_p \cdot (h - t_1 - f); l_p = l - b$$



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

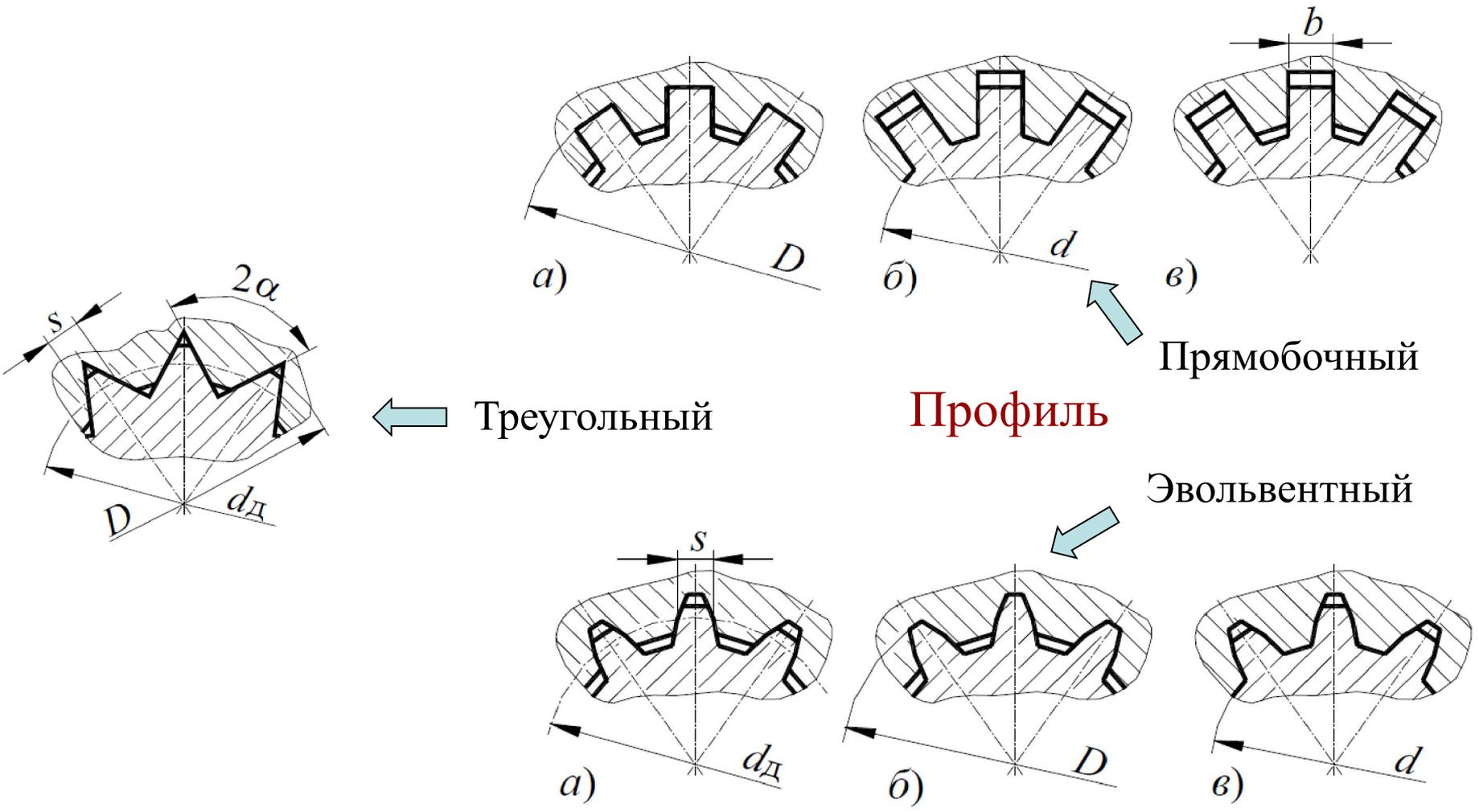


Ввиду особенности геометрической формы сегментная шпонка
дополнительно проверяется на срез

$$\tau_{ср} = \frac{2T}{d \cdot l_p \cdot b} \leq [\tau]_{ср}$$

Шлицевые соединения

Шлицевыми называют соединения, которые образуются между выступами (шлицами) вала и соответствующими по форме впадинами ступицы, насаженной на вал. Соединения выполняют *подвижными* и *неподвижными* (относительно оси вала).



Шлицевые соединения

Достоинства	Недостатки
точность центрирования	сложность изготовления
прочность и надежность	стоимость изготовления
меньше длина ступицы	

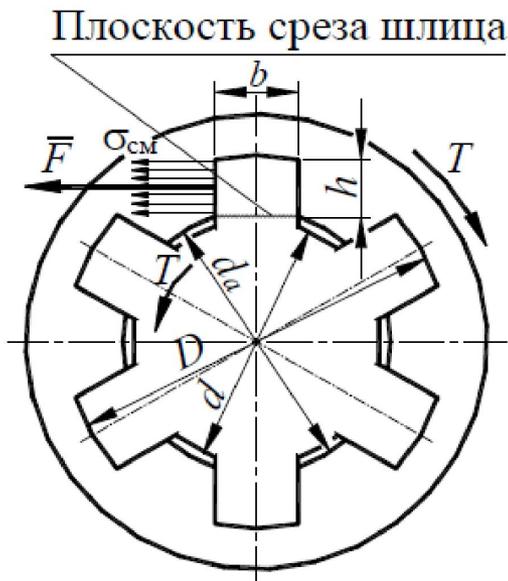
Основной критерий работоспособности – **прочность на смятие**

$$\sigma_{см} = \frac{2TK_3}{d_{cp} \cdot z \cdot l_p \cdot h} \leq [\sigma]_{см}$$

K_3 – коэффициент неравномерности распределения нагрузки (1,1...1,5),

d_{cp} – средний диаметр соединения,

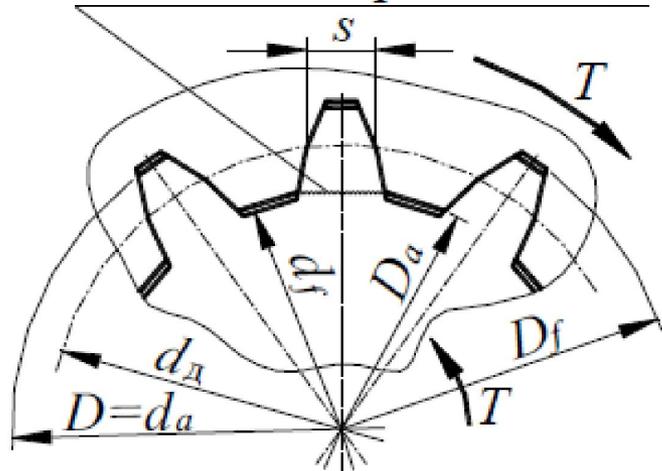
z – число зубьев.



Прямоугольный

$$h = (D - d) / 2 - 2f; \quad d_{cp} = (D - d) / 2$$

Плоскость среза шлица

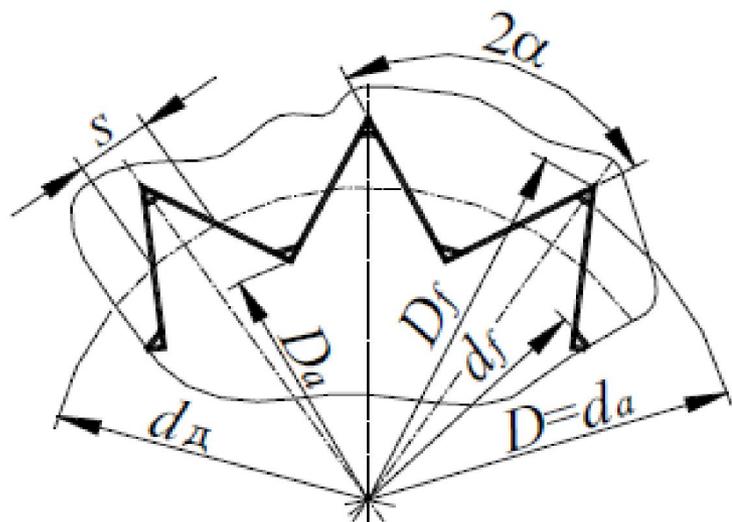


ЭВОЛЬВЕНТНЫЙ

$$h = \theta m; \quad d_{cp} = d_{\delta} = mz$$

m – модуль зацепления,

θ – коэффициент, равный 1.0 при центрировании по ширине зуба, 0.9 – при центрировании по D



Треугольный

$$h = (D - d_a) / 2; \quad d_{cp} = d_{\delta} = mz$$

Механические передачи

В курсе ДМ рассматриваются **передачи вращательного движения** следующих видов

- Ременная
- Цепная
- Фрикционная
- зубчатая
- Червячная

Исключение – **винт-гайка** (преобразует вращательное движение в поступательное)

Основные кинематические и силовые соотношения в передачах

$$\omega = \pi n / 30$$

Угловая скорость

$$V = \omega d / 2 = \pi n d / 60$$

Окружная (линейная) скорость

$$F_t = 2T / d$$

$$P = F_t \cdot V = T\omega$$

Окружная сила, передаваемая мощность

$$\eta = P_2 / P_1$$

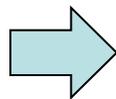
КПД одноступенчатой передачи



$$u_{12} = i_{12} = \omega_1 / \omega_2 = T_2 / (T_1 \cdot \eta)$$

Передаточное отношение (число)

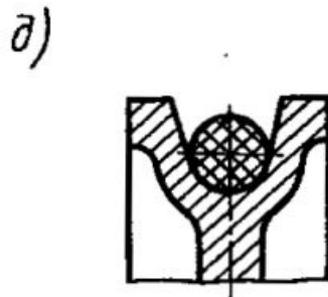
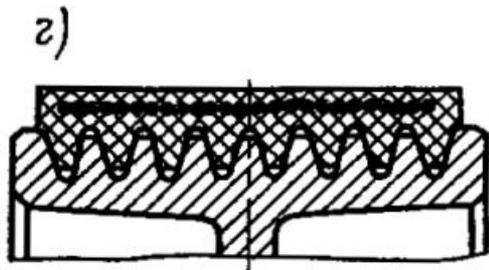
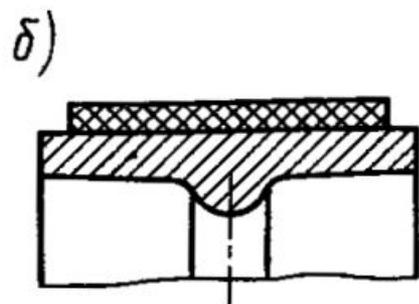
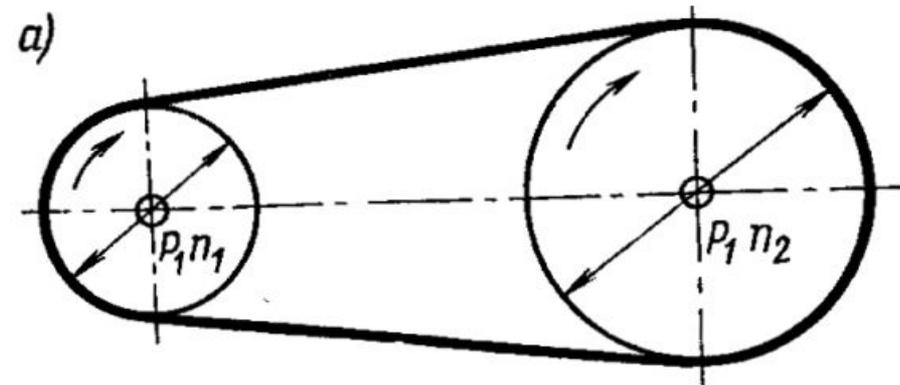
Многоступенчатые



$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$$
$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n$$

Ремённые передачи

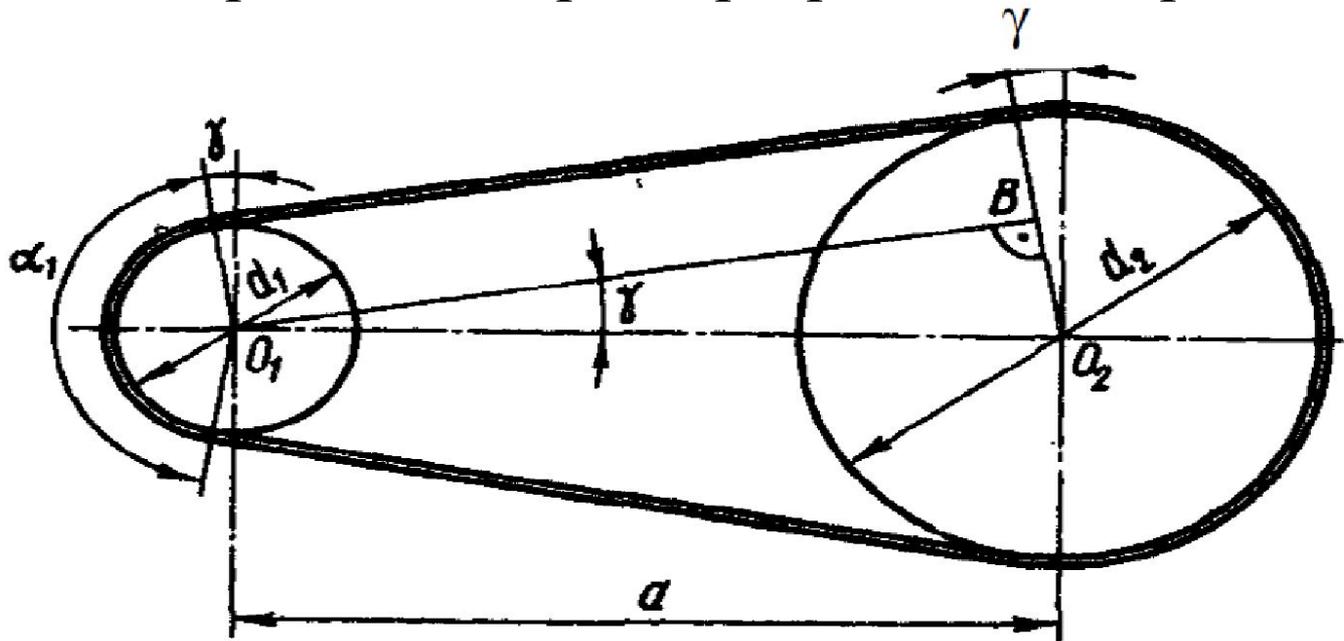
Передача трением с гибкой связью



Ремённые передачи

Достоинства	Недостатки
передача на большие расстояния	большие радиальные размеры
возможность работы на больших скоростях	низкая долговечность ремня
плавность и бесшумность	нагрузка на опоры
естественная защита от перегрузок	проскальзывание

Геометрические параметры ремённых передач



Плоский ремень	Клиновы́й и поликлиновы́й
$a \geq 1.5(d_2 + d_1)$	$a \geq 0.55(d_2 + d_1) + h$
$l_p = 2a + 0.5\pi(d_2 + d_1) + (d_2 - d_1)^2 / (4a)$	



ГОСТ 1284.1-89

Геометрические параметры ремённых передач

Уточнение межосевого расстояния

$$a = \frac{1}{8} \left\{ 2l_p - \pi(d_2 - d_1) + \sqrt{\left[2l_p - \pi(d_2 + d_1) \right]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} \right\}$$

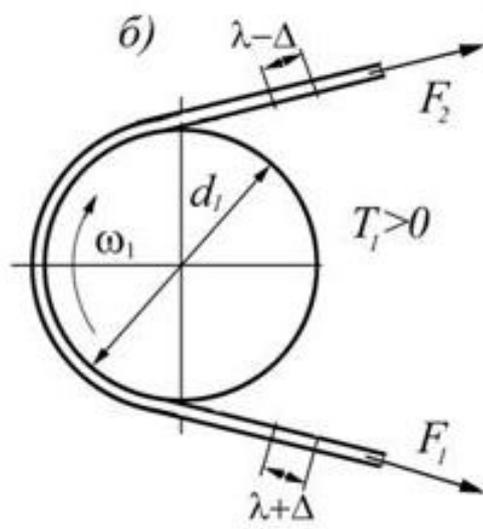
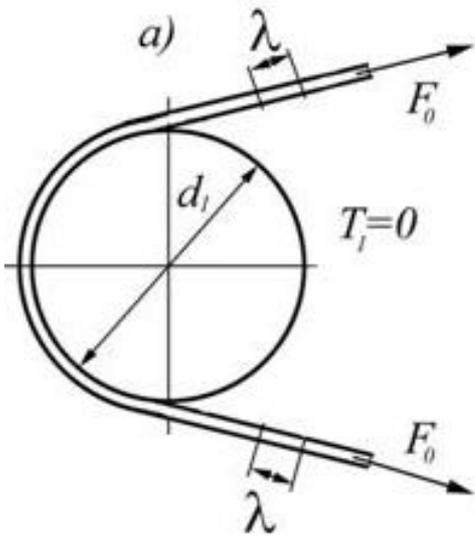
Проверка угла обхвата малого шкива

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ(d_2 - d_1) / a$$

$\alpha_1 \geq 150^\circ$ Плоский ремень

$\alpha_1 \geq 120^\circ$ Клиновы́й ремень

Силы в ремне



$$-T_1 - F_2 d_1 / 2 + F_1 d_1 / 2 = 0$$

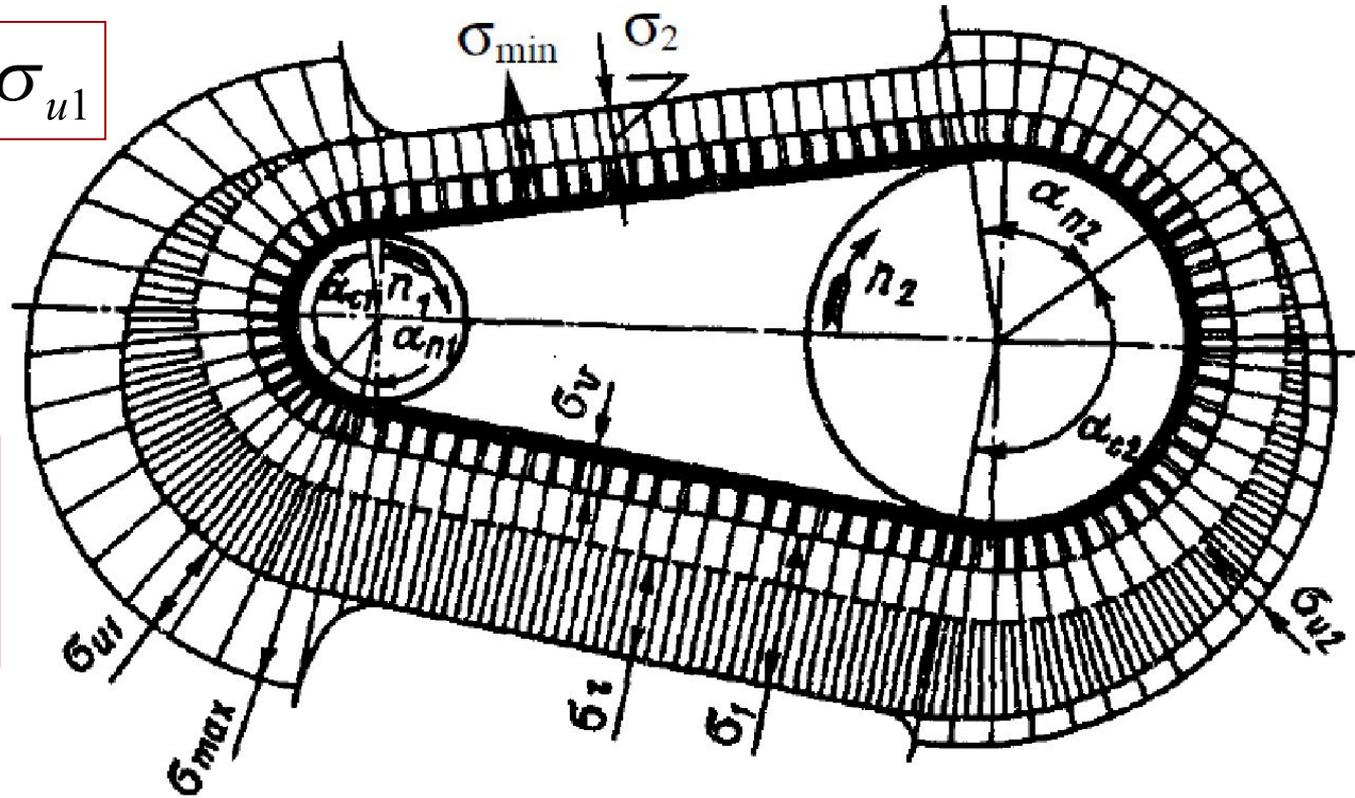
$$F_t = 2T_1 / d_1$$

Напряжения в ремне

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_v + \sigma_{u1}$$

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \sigma_t / 2;$$

$$\sigma_2 = \sigma_0 - \sigma_t / 2$$



$$\sigma_t = F_t / A \quad \text{Полезное напряжение}$$

$$\sigma_0 = F_0 / A \quad \text{Напряжение предварительного натяжения}$$

$$\sigma_u = \delta E / d \quad \text{Напряжение изгиба}$$

$$\sigma_v = F_v / A \quad \text{Напряжение от центробежной силы}$$

Тяговая способность ременной передачи

$$\varphi = \frac{\sigma_t}{2\sigma_0}$$

