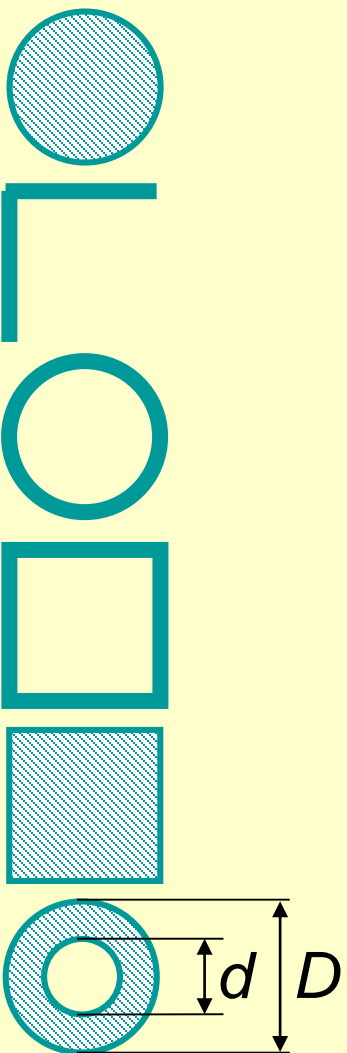


# Выбор оптимального сечения вала



Круг  
(«эталон»)

1) Равнополочный уголок

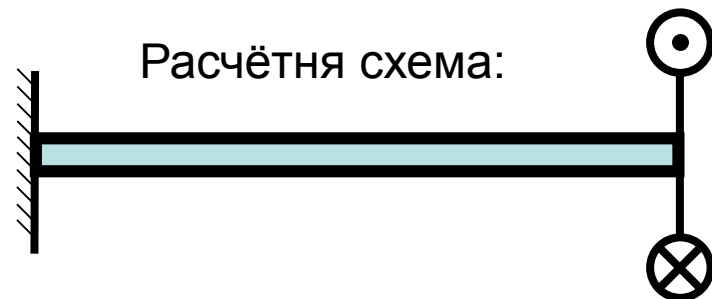
2) Тонкостенная труба

3) Коробчатый профиль  
(тонкостенный квадрат)

4) Квадрат

5) Толстостенная труба  
при  $\frac{D}{d} = 2$

Расчётная схема:

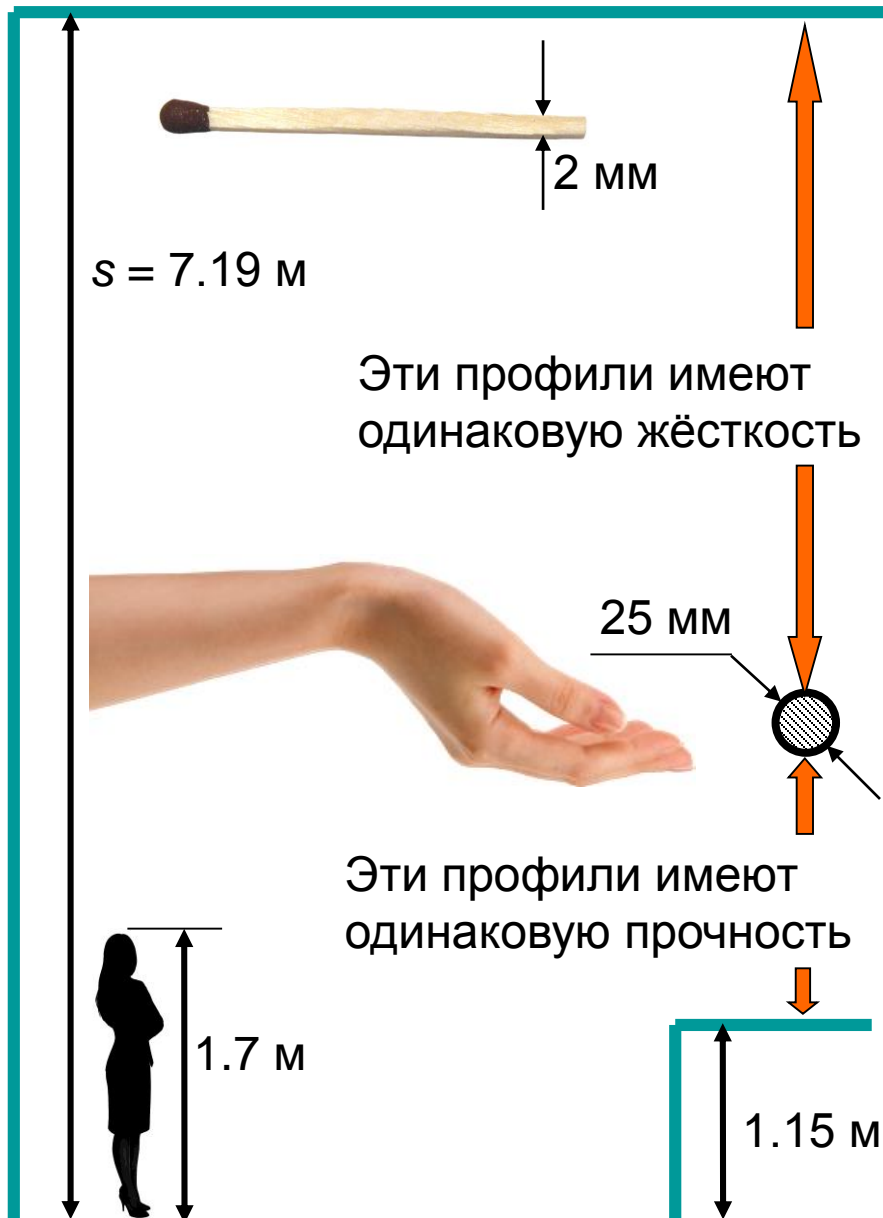


- Толщина стенки всех тонкостенных сечений (№№ 1-3) принимается равной **2** мм;
- Диаметр «эталонного» круглого сечения принимается равным **25** мм

За критерии оптимальности принимаются:

- 1) Прочность;
  - 2) Жёсткость;
  - 3) Технологичность;
  - 4) Масса;
  - 5) Габарит
- основные
- дополнительные

# Равнополочный уголок



Геометрические характеристики тонкостенного ( $\delta \ll s$ ) открытого контура:

$$I_K = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^k \delta_i^3 s_i \quad W_K = \frac{I_K}{\delta_{\max}}$$

Геометрические характеристики данного уголка:

$$I_K = \frac{2}{3} \delta^3 s \quad W_K = \frac{2}{3} \delta^2 s$$

Для соблюдения гипотезы стержня уголку стороной 7 м нужно иметь длину, сопоставимую с длиной футбольного поля. Если материал – сталь, то весить он тогда будет больше 10 тонн

# Расчётные формулы

## Тонкостенные закрытые

Общие формулы

$$I_K = \frac{(2A^*)^2}{\int \frac{ds}{\delta}}; \quad W_K = 2A^* \delta_{\min}$$

При постоянной толщине

$$I_K = \frac{(2A^*)^2 \delta}{s}; \quad W_K = 2A^* \delta$$

Тонкостенная труба

$$I_K = \frac{\pi d^3 \delta}{4}; \quad W_K = \frac{\pi d^2 \delta}{2}$$

Коробчатый профиль

$$I_K = a^3 \delta; \quad W_K = 2a^2 \delta$$

где

$A^*$  – площадь, охваченная средней линией контура;

$s$  – дуговая координата;

$a$  – сторона квадрата

# Расчётные формулы

(продолжение)

## Толстостенная труба

Общие формулы 
$$I_K = \frac{\pi D^4}{32} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right]; \quad W_K = \frac{\pi D^3}{16} \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right]$$

при  $\frac{D}{d} = 2$  
$$I_K = \frac{\pi D^4}{32} \frac{15}{16}; \quad W_K = \frac{\pi D^3}{16} \frac{15}{16}$$

Квадрат 
$$I_K = \beta a^4; \quad W_K = \alpha a^3$$
  
$$(\beta = 0.141) \quad (\alpha = 0.208)$$

где

$D, d$  – внешний и внутренний диаметры трубы, соответственно;  
 $a$  – сторона квадрата

## Численные результаты (кроме уголка)

- Из условия равенства геометрических характеристик жёсткости/прочности данного сечения и «эталона» вычисляется размер данного сечения
- Для найденного размера вычисляются площадь и габарит данного сечения

В общем случае Размер $\neq$ габарит!		Равная жёсткость		Равная прочность	
		Габарит	Отношение площадей	Габарит	Отношение площадей
"Эталон"	абсолютные	25	1	25	1
Коробчатый профиль		37.85	0.44	39.17	0.45
Тонкостенная труба		29.01	0.37	31.25	0.40
Квадрат		32.30	1.06	34.68	1.23
Толстостенная труба		25.41	0.78	25.54	0.78
"Эталон"		относительные	100.0%	100.0%	100.0%
Коробчатый профиль	151.4%		43.6%	156.7%	45.1%
Тонкостенная труба	116.0%		37.1%	125.0%	40.0%
Квадрат	129.2%		106.2%	138.7%	122.5%
Толстостенная труба	101.6%		77.5%	102.2%	78.3%

# Результаты в виде «турнирной сетки»

