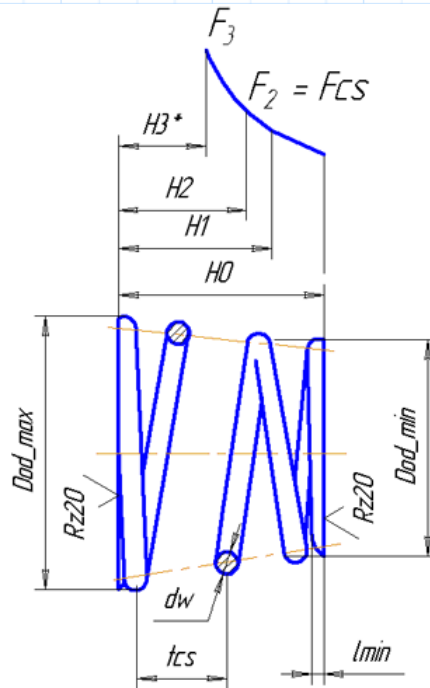


**Расчёт конической пружины сжатия с постоянным шагом,
материал проволоки пружины -
нержавеющая сталь типа 12Х18Н10Т
(конструкторский расчёт)**



Исходные данные:

$d := 28.0$ мм - диаметр вала на который надевается пружина с натягом

$d_{mid} := 32.0$ мм - средний диаметр рабочего пояска пары трения торцового уплотнения

$S_c := 2.79$ см² - площадь контактной поверхности пары трения торцового уплотнения

$t_w := 80$ град С - рабочая температура пружины

$D_{od_max} := 34.9$ мм - максимальный наружный диаметр пружины

$D_{od_min} := 32.5$ мм - минимальный наружный диаметр пружины

$d_w := 2.5$ мм - диаметр прутка пружины (диаметр проволоки пружины)

$H_2 := 15.2$ мм - высота пружины при рабочей деформации

$q_{cs} := 1.5$ $\frac{кгс}{см^2}$ - удельное контактное давление в паре трения торцового уплотнения

$\rho_w := 7.9 \frac{г}{см^3}$ - плотность материала пружины (если задан 0, то определяется библиотекой)

$E_w := 1810000 \frac{кгс}{см^2}$ - модуль упругости материала пружины (если задан 0, то определяется библиотекой)

$G_w := 68.5 \cdot 10^4 \frac{кгс}{см^2}$ - модуль сдвига материала пружины (если задан 0, то определяется библиотекой)

Диапазон dw(мм)	предел прочности σ_w (кгс/см2)	группа прочности В, В0	для группы прочности Н
0.81...2.81	19500		14200
3.01...3.51	18500		-
4.01...4.51	17500		-
5.01...5.51	15500		-

$\sigma_w := 12200 \frac{кгс}{см^2}$ - предел прочности материала пружины (если задан 0, то определяется библиотекой)

$k_{\tau 3max} := 0.45$ - коэффициент для расчёта максимального касательного напряжения материала пружины (если задан 0, то определяется библиотекой), ~0.3...0.5 для пружин I и II класса

$\delta t := 1.05$ - коэффициент для пересчёта фактического шага пружины при её последующем трёх-пятикратном обжати до соприкосновения её витков **1.05...1.07**

$k_{H0} := 0.47$ - начальное приближение коэффициента для расчёта высоты пружины в свободном состоянии H0

$n_{ww_D_od_max} := 1.0 \text{ шт}$ - неработающее число витков пружины со стороны наибольшего диаметра

$n_{ww_D_od_min} := 1.5 \text{ шт}$ - неработающее число витков пружины со стороны наименьшего диаметра

$\beta := 20$ град - угол заходной фаски на валу на который надевается пружина

$n_{\sigma_max} := 1.4$ - коэффициент запаса статической прочности для напряжения изгиба при надевании пружины на вал [**1.3...1.8**]

$VISIBLE := 1$ - отображение процесса расчёта специальным окном: 0 - нет, 1 - да

$$RV := \text{Conical_Compression_Spring_E} \left(\left[\begin{array}{cccccccc} d & t_w & d_w & H_2 & G_w & k_{H0} & \beta & \\ d_{mid} & D_{od_max} & q_{cs} & \rho_w & \sigma_w & n_{uw_D_{od_max}} & n_{\sigma_max} & \\ S_c & D_{od_min} & \delta t & E_w & k_{\tau 3max} & n_{uw_D_{od_min}} & \text{VISIBLE} & \end{array} \right] \right)$$

Чтение расчётных параметров:

$$\chi := (RV^{(0)})_0 \quad \tau_{3max} := (RV^{(0)})_1 \quad F_{3max} := (RV^{(0)})_2 \quad H_3 := (RV^{(0)})_3$$

$$\Delta H_1 := (RV^{(0)})_4 \quad \Delta H_2 := (RV^{(0)})_5 \quad \Delta H_3 := (RV^{(0)})_6 \quad F_1 := (RV^{(0)})_7$$

$$F_2 := (RV^{(0)})_8 \quad F_3 := (RV^{(0)})_9 \quad i_{1cs} := (RV^{(0)})_{10} \quad k_{max1} := (RV^{(0)})_{11}$$

$$\tau_{1cs} := (RV^{(0)})_{12} \quad n_{\tau 1cs} := (RV^{(0)})_{13} \quad i_{2cs} := (RV^{(0)})_{14} \quad k_{max2} := (RV^{(0)})_{15}$$

$$\tau_{2cs} := (RV^{(0)})_{16} \quad n_{\tau 2cs} := (RV^{(0)})_{17} \quad t_{cs} := (RV^{(0)})_{18} \quad L_{cs} := (RV^{(0)})_{19}$$

$$m_{cs} := (RV^{(0)})_{20} \quad e_1 := (RV^{(0)})_{21} \quad H_1 := (RV^{(0)})_{22} \quad \alpha_{min} := (RV^{(0)})_{23}$$

$$\alpha_{max} := (RV^{(0)})_{24} \quad \alpha_{mid} := (RV^{(0)})_{25} \quad \varepsilon_{\lambda} := (RV^{(0)})_{26} \cdot 100 \quad n_{w1} := (RV^{(0)})_{27}$$

$$n_{w2} := (RV^{(0)})_{28} \quad H_0 := (RV^{(0)})_{29} \quad H_{0'} := (RV^{(0)})_{30} \quad F_2 := (RV^{(0)})_{31}$$

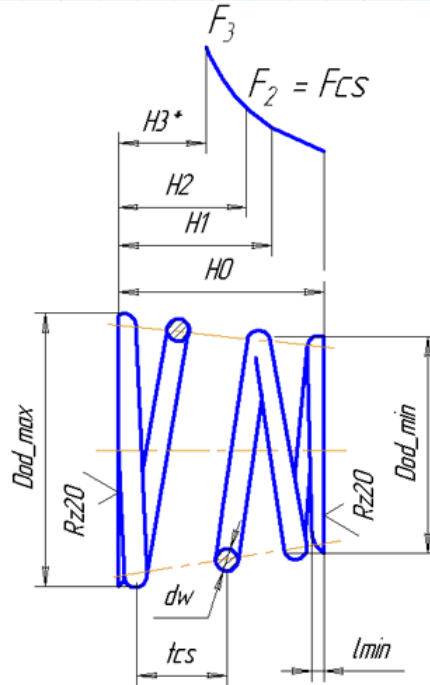
$$F_{2'} := (RV^{(0)})_{32} \quad q_{cs'} := (RV^{(0)})_{33} \quad \delta_{H0} := (RV^{(0)})_{34} \quad \delta_{F2} := (RV^{(0)})_{35}$$

$$t_{cs'} := (RV^{(0)})_{36} \quad H_{0''} := (RV^{(0)})_{37} \quad n_M := (RV^{(0)})_{41} \quad \varepsilon_c := (RV^{(0)})_{42} \cdot 100$$

$$F_a := (RV^{(0)})_{43} \quad \sigma_u := (RV^{(0)})_{45} \quad n_{\sigma u} := (RV^{(0)})_{46}$$

$$D_{id_min} := D_{od_min} - 2 \cdot d_w$$

**Расчёт конической пружины сжатия с постоянным шагом,
материал проволоки пружины -
нержавеющая сталь типа 12Х18Н10Т
(конструкторский расчёт)**



Расчётные параметры:

$n_{w1} = 4.75$ шт - полное число витков

$n_{w2} = 2.25$ шт - рабочее число витков пружины

$\chi = 0.926$ мм - отношение минимального и максимального диаметров пружины сжатия

$\tau_{3max} = 5490$ $\frac{кгс}{см^2}$ - касательное напряжение при максимальной деформации

$F'_{3max} = 6.76$ кгс - критическая сила пружины при максимальной деформации

$i_{1cs} = 12$ - индекс пружины для минимального наружного диаметра пружины

$i_{2cs} = 12.96$ - индекс пружины для максимального наружного диаметра пружины

$\tau_{1cs} = 3698$ $\frac{кгс}{см^2}$ - расчётное касательное напряжение при максимальной деформации для минимального наружного диаметра пружины

$\tau_{2cs} = 3961$	$\frac{кгс}{см^2}$	- расчётное касательное напряжение при максимальной деформации для максимального наружного диаметра пружины
$n_{\tau 1cs} = 2.03$		- запас прочности по касательным напряжениям при рабочей деформации ≥ 1.05 (работа не менее 500 часов)
$n_{\tau 2cs} = 1.89$		- запас прочности по касательным напряжениям при рабочей деформации ≥ 1.05 (работа не менее 500 часов)
$H_3 = 11.81$	мм	- длина пружины при максимальной деформации
$\Delta H_3 = 12.3$	мм	- максимальная деформация пружины при соприкосновении витков
$F_3 = 6.76$	кгс	- сила пружины при её максимальной деформации
$H_0 = 24.09$	мм	- длина пружины в свободном состоянии
$H_{0''} = 25.2$	мм	- необходимая длина пружины в свободном состоянии с учётом её последующего трёх-пятикратного обжатия
$t_{cs} = 4.54$	мм	- шаг пружины
$t_{cs'} = 4.77$	мм	- необходимый шаг пружины с учётом её последующего трёх-пятикратного обжатия
$L_{cs} = 525.8$	мм	- длина развёрнутой пружины
$m_{cs} = 0.021$	кг	- масса пружины
$F_1 = 5.36$	кгс	- сила пружины при первом соприкосновении витков (окончание линейного участка)
$\Delta H_1 = 11$	мм	- деформация пружины при соприкосновении витков
$H_1 = 13.1$	мм	- длина пружины при первом соприкосновении её витков (окончание линейного участка)
$\Delta H_2 = 8.89$	мм	- деформация пружины при рабочем усилии F_{cs}
$F_2 = 4.19$	кгс	- расчётная сила пружины при рабочей деформации (F_{cs})
$q_{cs'} = 1.5$	$\frac{кгс}{см^2}$	- расчётное удельное контактное давление в паре трения от рабочей силы F_{cs}

Запас по крутящему моменту от проворачивания пружины на валу при страгивании вращающейся части торцового уплотнения:

$$n_M = 1.505 \quad \geq 1.25 \quad D_{id_min} = 27.5 \quad \text{мм}$$

относительная степень растяжения витка пружины при её надевании на вал:

$$\varepsilon_c = 1.82 \quad \%$$

Напряжение изгиба и запас по изгибающим напряжениям, возникающим при надевании пружины на вал с натягом:

$$\sigma_u = 1982 \quad \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \quad n_{\sigma u} = 4.397 \quad \geq 1.5$$

Осевая сила, необходимая при надевании пружины на вал $d = 28$ мм с натягом, имеющий заходную фаску под углом $\beta = 20$ град:

$$F_a = 1.45 \quad \text{кгс}$$

$$e_1 = 0.96 \quad \text{мм} \quad - \text{ допуск отклонения от перпендикулярности оси пружины от её торцов}$$

$$\alpha_{min} = 2.56 \quad \text{град} \quad - \text{ угол наклона витков пружины минимальный}$$

$$\alpha_{max} = 2.76 \quad \text{град} \quad - \text{ угол наклона витков пружины максимальный}$$

$$\alpha_{mid} = 2.66 \quad \text{град} \quad - \text{ угол наклона витков пружины средний}$$

Погрешность при решении уравнений:

$$\varepsilon_\lambda = 0.0001166 \quad \%$$

Нелинейный участок характеристики пружины сжатия:

$$VH1 := RV^{(1)} \quad VF1 := RV^{(2)} \quad V\varepsilon1 := RV^{(3)}$$

$$fF_1(H) := \text{interp}(\text{lspline}(VH1, VF1), VH1, VF1, H)$$

$$f\varepsilon_1(H) := \text{interp}(\text{lspline}(VH1, V\varepsilon1), VH1, V\varepsilon1, H)$$

$$H3 := 0 \dots H_2 \quad H1 := H_3 \cdot 0.999, H_3 + H_1 \cdot 0.0005 \dots H_1$$

Линейный участок характеристики пружины сжатия:

$$H2 := H_1, H_1 + H_0 \cdot 0.001 \dots H_0$$

$$VH2 := \begin{bmatrix} H_1 \\ H_0 \end{bmatrix}$$

$$VF2 := \begin{bmatrix} F_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$VH2 = \begin{bmatrix} 13.112 \\ 24.086 \end{bmatrix}$$

$$VF2 = \begin{bmatrix} 5.364 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$fF_2(H) := \text{linterp}(VH2, VF2, H)$$

График зависимости усилия пружины сжатия от её высоты
(точкой отмечено рабочее усилие)

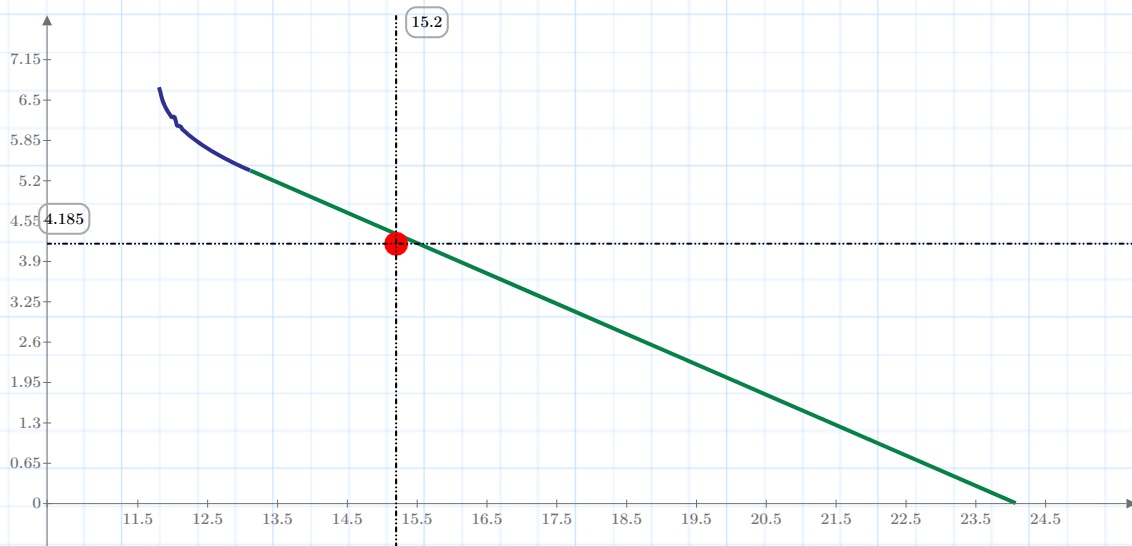


График зависимости погрешности при решении уравнений
для пружины сжатия от её высоты

