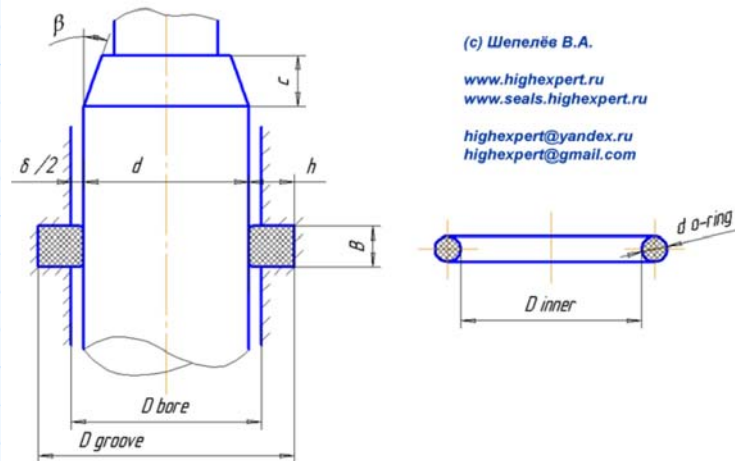


Расчёт канавки в цилиндре для резинового уплотнительного кольца круглого сечения



(с) Шепелёв В.А.
www.highexpert.ru
www.seals.highexpert.ru
highexpert@yandex.ru
highexpert@gmail.com

Исходные данные:

$\Delta p := 1.5 \frac{кгс}{см^2}$ - перепад давления двух сред на кольце

$t := 75$ град С - рабочая (максимальная) температура в зоне кольца

$d := 35.0$ мм - диаметр вала (номинальный)

$\delta d_{min} := 0$ мм - минимальное отклонение вала из чертежа (если = 0, вычисляется по Hd)

$\delta d_{max} := 0$ мм - максимальное отклонение вала из чертежа (если = 0, вычисляется по Hd)

$f6 := 0$ $g6 := 1$ $h6 := 2$ $e7 := 3$ $f7 := 4$ $h7 := 5$ $f8 := 6$ $h8 := 7$ $c8 := 8$

$h9 := 9$ $e9 := 10$ $h10 := 11$

$hd := f7$ - квалитет отклонения диаметра вала (учитывается, если не заданы δd_{max} и δd_{min} из чертежа):
0 - f6, 1 - g6, 2 - h6, 3 - e7, 4 - f7, 5 - h7, 6 - f8, 7 - h8, 8 - c8, 9 - h9, 10 - e9, 11 - h10
 (можно задать значение символьно, например - c8)

$D_{bore} := d$ мм - диаметр цилиндра (минимальный)

$\delta D_{bore_min} := 0.00$ мм - минимальное отклонение цилиндра из чертежа (если = 0, вычисляется по HD)

$\delta D_{bore_max} := 0.35$ мм - максимальное отклонение цилиндра из чертежа (если = 0, вычисляется по HD)

$H8 := 0$ $C8 := 1$ $H9 := 2$ $E9 := 3$ $H10 := 4$ $H11 := 5$

$HD := H8$ - квалитет отклонения диаметра цилиндра (учитывается, если не заданы δD_{bore_max} и δD_{bore_min} из чертежа):
0 - H8, 1 - C8, 2 - H9, 3 - H10, 4 - H11
 (можно задать значение символьно, например - H10)

$\delta d_{oring_minus} := -0.10$ мм - минимальное отклонение сечения резинового кольца (если = 0, вычисляется по ORd)

$\delta d_{oring_plus} := 0.10$ мм - максимальное отклонение сечения резинового кольца (если = 0, вычисляется по ORd)

ORd := 0 - отклонение размеров поперечного сечения резинового кольца:
0 - ГОСТ 9833
1 - ISO IT13
 учитывается только если не заданы δd_{oring_max} и δd_{oring_min}

IRHD := 80.0 - твёрдость резины IRHD 60...90 единиц

$\beta := 20$ град - угол заходной фаски для втулки цилиндра и вала, необходимый для сборки соединения

$k_{oring} := 0.99$ - поправочный коэффициент (0.97...0.999), в зависимости рабочей жидкости и от условий работы уплотнения

RUBBER_MATERIAL := 0 - материал резинового кольца:
0 - NBR,
1 - HNBR
2 - EPDM,
3 - VITON
4 - VMQ

PROCESSING_MEDIA := 0 - рабочая жидкость для уплотнения:
0 - неопределённая рабочая жидкость, совместимая с материалом резинового кольца;

TYPE_OF_SEALING := 1 - тип соединения (**0** - неподвижное, **1** - подвижное)

Выбираем сечение кольца:

$d_{oring} := 3.30$ мм (из каталогов или чертежа, причём обычно, чем больше диаметр вала, тем больше сечение кольца)

Начальное приближение:

$D_{inner} := d - d_{oring} \cdot (\text{if}(\text{TYPE_OF_SEALING} = 0, 0.17, 0.17))$

$D_{inner} = 34.44$ мм

Выбираем внутренний диаметр кольца:

$D_{inner} := 34.8$ мм ближайший по каталогам, чертежу или ГОСТ 9833

VISIBLE := 1 - отображение процесса расчёта специальным окном: 0 - нет, 1 - да (для LITE(DEMO)/LITE отображается всегда!)

Функция библиотеки MSL (свернутая область)...

$$RV := \text{ORing_Groove_B} \left(\begin{array}{ccc} t & \delta d_{max} & HD \\ \Delta p & \delta d_{min} & k_{oring} \\ D_{inner} & \delta D_{bore_max} & ORd \\ d_{oring} & \delta D_{bore_min} & RUBBER_MATERIAL \\ \delta d_{oring_plus} & \beta & TYPE_OF_SEALING \\ \delta d_{oring_minus} & IRHD & PROCESSING_MEDIA \\ d & hd & VISIBLE \end{array} \right)$$

Чтение расчётных параметров:

$d_{max} := (RV^{(0)})_0$	$d_{min} := (RV^{(0)})_1$	$d_{mid} := (RV^{(0)})_2$
$d_{groove} := (RV^{(0)})_3$	$d_{groove_max} := (RV^{(0)})_4$	$d_{groove_min} := (RV^{(0)})_5$
$d_{groove_mid} := (RV^{(0)})_6$	$D_{bore} := (RV^{(0)})_7$	$D_{bore_max} := (RV^{(0)})_8$
$D_{bore_min} := (RV^{(0)})_9$	$D_{bore_mid} := (RV^{(0)})_{10}$	$\varepsilon_{D_max} := (RV^{(0)})_{11}$
$\varepsilon_{D_min} := (RV^{(0)})_{12}$	$\varepsilon_{D_mid} := (RV^{(0)})_{13}$	$\delta_{mid} := (RV^{(0)})_{14}$
$\delta_{max} := (RV^{(0)})_{15}$	$\delta_{min} := (RV^{(0)})_{16}$	$D_{inner_max} := (RV^{(0)})_{17}$
$D_{inner_min} := (RV^{(0)})_{18}$	$D_{inner_mid} := (RV^{(0)})_{19}$	$\delta D_{inner} := (RV^{(0)})_{20}$
$\delta d_{oring_plus} := (RV^{(0)})_{21}$	$\delta d_{oring_minus} := (RV^{(0)})_{22}$	$\delta d_{oring_gost} := (RV^{(0)})_{23}$
$\delta d_{oring_iso} := (RV^{(0)})_{24}$	$d_{oring_min} := (RV^{(0)})_{25}$	$d_{oring_max} := (RV^{(0)})_{26}$
$d_{oring_mid} := (RV^{(0)})_{27}$	$d_{oring_min}' := (RV^{(0)})_{28}$	$d_{oring_max}' := (RV^{(0)})_{29}$
$d_{oring_mid}' := (RV^{(0)})_{30}$	$h_{max} := (RV^{(0)})_{31}$	$h_{min} := (RV^{(0)})_{32}$
$h_{mid} := (RV^{(0)})_{33}$	$\varepsilon_{max} := (RV^{(0)})_{34}$	$\varepsilon_{min} := (RV^{(0)})_{35}$
$\varepsilon_{mid} := (RV^{(0)})_{36}$	$V := (RV^{(0)})_{37}$	$B := (RV^{(0)})_{38}$
$B_{max} := (RV^{(0)})_{39}$	$B_{min} := (RV^{(0)})_{40}$	$p_{0_max} := (RV^{(0)})_{41}$
$p_{0_min} := (RV^{(0)})_{42}$	$p_{0_mid} := (RV^{(0)})_{43}$	$l_{0_max} := (RV^{(0)})_{44}$

$$l_{0_min} := (RV^{(0)})_{45}$$

$$l_{0_mid} := (RV^{(0)})_{46}$$

$$p_{full} := (RV^{(0)})_{47}$$

$$c := (RV^{(0)})_{48}$$

$$p_{f_media} := (RV^{(0)})_{49}$$

$$p_{f_a_max} := (RV^{(0)})_{50}$$

$$p_{f_a_min} := (RV^{(0)})_{51}$$

$$p_{f_a_mid} := (RV^{(0)})_{52}$$

$$E := (RV^{(0)})_{53}$$

$$\Delta p_{ext} := (RV^{(0)})_{54}$$

$$n_{ext} := (RV^{(0)})_{58}$$

$$L_h := (RV^{(0)})_{59}$$

$$L_d := (RV^{(0)})_{60}$$

$$N := (RV^{(0)})_{61}$$

$$\delta d_{minus1} := |d_{max} - d|$$

$$D_{outer_max} := D_{inner_max} + d_{oring_max} \cdot 2$$

$$\delta d_{minus2} := |d - d_{min}|$$

$$D_{outer_min} := D_{inner_min} + d_{oring_min} \cdot 2$$

$$\delta d_{groove} := |d_{groove_max} - d_{groove_min}|$$

$$\delta D_{bore_plus1} := |D_{bore_max} - D_{bore}|$$

$$\delta D_{bore_plus2} := |D_{bore} - D_{bore_min}|$$

$$\varepsilon_{max} := \varepsilon_{max} \cdot 100$$

$$\delta D_{inner} := \delta D_{inner} \cdot 100$$

$$\varepsilon_{D_max} := \varepsilon_{D_max} \cdot 100$$

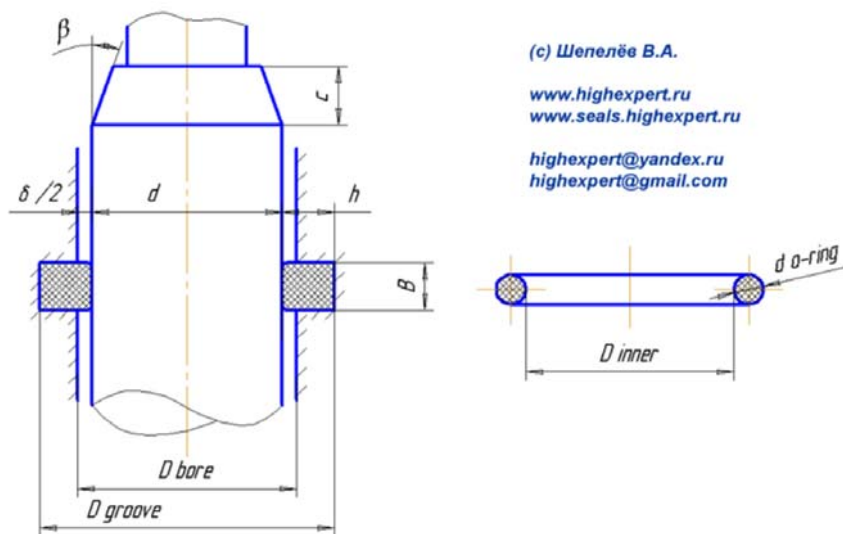
$$\varepsilon_{min} := \varepsilon_{min} \cdot 100$$

$$\varepsilon_{D_min} := \varepsilon_{D_min} \cdot 100$$

$$\varepsilon_{mid} := \varepsilon_{mid} \cdot 100$$

$$\varepsilon_{D_mid} := \varepsilon_{D_mid} \cdot 100$$

Расчёт канавки в цилиндре для резинового уплотнительного кольца круглого сечения



Результаты расчёта:

$d = 35$ мм - диаметр вала в чертёж с допусками: [минус $\delta d_{minus1} = 0.02$ мм, минус $\delta d_{minus2} = 0.05$ мм]

$d_{max} = 34.98$ мм - диаметр вала максимальный

$d_{min} = 34.95$ мм - диаметр вала минимальный

$d_{mid} = 34.96$ мм - диаметр вала средний

$d_{groove} = 35$ мм - диаметр канавки в цилиндре в чертёж с допуском [минус $\delta d_{groove} = 0.039$] мм

$d_{groove_max} = 40.659$ мм - диаметр канавки максимальный

$d_{groove_min} = 40.62$ мм - диаметр канавки минимальный

$d_{groove_mid} = 40.64$ мм - диаметр канавки средний

$D_{bore} = 35$ мм - диаметр цилиндра в чертёж с допусками: [плюс $\delta D_{bore_plus1} = 0.039$ мм, плюс $\delta D_{bore_plus2} = 0$ мм]

$D_{bore_max} = 35.04$ мм - диаметр цилиндра максимальный

$D_{bore_min} = 35$ мм - диаметр цилиндра минимальный

$D_{bore_mid} = 35.02$ мм - диаметр цилиндра средний

$\varepsilon_{D_max} = 2.36$ % - степень натяга резинового кольца по наружному диаметру [0...3]%, отрицательное значение до -0.5% допускается и означает зазор между наружным диаметром резинового кольца и канавкой в цилиндре, что может затруднить надевание вала в цилиндр

$\varepsilon_{D_min} = -0.1$

$\varepsilon_{D_mid} = 1.15$ % - средняя степень натяга резинового кольца по наружному диаметру [0...3]%

$\delta_{max} = 0.09$ мм - диаметральный зазор максимальный между валом и цилиндром

$\delta_{min} = 0.02$ мм - диаметральный зазор минимальный между валом и цилиндром

$\delta_{mid} = 0.06$ мм - диаметральный зазор средний между валом и цилиндром

$D_{inner_max} = 34.8$ мм - внутренний диаметр резинового кольца максимальный

$D_{inner_min} = 34.2$ мм - внутренний диаметр резинового кольца минимальный

$D_{inner_mid} = 34.5$ мм - внутренний диаметр резинового кольца средний

$D_{outer_max} = 41.6$ мм - наружный диаметр резинового кольца максимальный

$D_{outer_min} = 40.6$ мм - наружный диаметр резинового кольца минимальный

$\delta D_{inner} = 1.67$ % - допуск на внутренний диаметр резинового кольца (на минус)

$d_{oring} = 3.3$ мм - номинальный диаметр сечения резинового кольца

$\delta d_{oring_plus} = 0.1$ мм - допуск на диаметр сечения резинового кольца (плюс)

$\delta d_{oring_minus} = -0.1$ мм - допуск на диаметр сечения резинового кольца (минус)

$\delta d_{oring_gost} = 0$ мм - допуск на диаметр сечения резинового кольца (по ГОСТ)

$\delta d_{oring_iso} = 0$ мм - допуск на диаметр сечения резинового кольца (по ISO)

$d_{oring_max} = 3.4$ мм - максимальный диаметр сечения резинового кольца

$d_{oring_min} = 3.2$ мм - минимальный диаметр сечения резинового кольца

$d_{oring_mid} = 3.3$ мм - средний диаметр сечения резинового кольца

$d_{oring_max}' = 3.39$ мм - максимальный диаметр сечения резинового кольца с учётом растяжения

$d_{oring_min}' = 3.17$ мм - минимальный диаметр сечения резинового кольца с учётом растяжения

$d_{oring_mid}' = 3.28$ мм - средний диаметр сечения резинового кольца с учётом растяжения

$h_{max} = 2.85$ мм - максимальная высота канавки на валу под резиновое кольцо

$h_{min} = 2.82$ мм - минимальная высота канавки на валу под резиновое кольцо

$h_{mid} = 2.84$ мм - средняя высота канавки на валу под резиновое кольцо

$\epsilon_{max} = 16.81$ % - максимальная степень обжатия резинового кольца

$\epsilon_{min} = 8.82$ % - минимальная степень обжатия резинового кольца

$\epsilon_{mid} = 12.81$ % - средняя степень обжатия резинового кольца

$V = 1089.6$ мм³ - минимальный объём канавки под резиновое кольцо

$B = 4$ мм - ширина канавки под резиновое кольцо в чертёж

$B_{max} = 4.2$ мм - максимальная ширина канавки под резиновое кольцо

$B_{min} = 4$ мм - минимальная ширина канавки под резиновое кольцо

$E = 10$ МПа - модуль сжатия (эластичности) резины с заданной твёрдостью $IRHD = 80$

$p_{0_max} = 2.1$ МПа - максимальное начальное контактное давление от резинового кольца

$p_{0_min} = 1.1$ МПа - минимальное начальное контактное давление от резинового кольца

$p_{0_mid} = 1.6$ МПа - среднее начальное контактное давление от резинового кольца

$l_{0_max} = 1.71$ мм - максимальная начальная ширина контакта резинового кольца

$l_{0_min} = 0.84$ мм - минимальная начальная ширина контакта резинового кольца

$l_{0_mid} = 1.26$ мм - средняя начальная ширина контакта резинового кольца

$p_{full} = 2.25$ МПа - полное среднее начальное контактное давление на поверхности контакта резинового кольца между поверхностью канавки вала и поверхностью цилиндра с учётом давления рабочей жидкости

$p_{f_media} = 2.6$ кгс - сила трения скольжения резинового кольца по цилиндру, смазанного рабочей жидкостью (только для подвижного соединения)

$p_{f_a_max} = 12$ кгс - максимальная сила трения при монтаже резинового кольца со смазкой

$p_{f_a_min} = 3$ кгс - минимальная сила трения при монтаже резинового кольца со смазкой

$p_{f_a_mid} = 8$ кгс - средняя сила трения при монтаже резинового кольца со смазкой

$\beta = 20$ град - угол заходной фаски на валу

$c = 2.7$ мм - минимальная длина заходной фаски на цилиндре

$\Delta p_{ext} = 292$ $\frac{кгс}{см^2}$ - оценочный предельный перепад давления двух сред на уплотнении для количества циклов $N = 10^5$ изменения давления на уплотнении от 0 до номинального значения

$n_{ext} = 194.7$ - фактор возможной экструзии резинового кольца (выдавливания резинового кольца в зазор между валом и цилиндром от перепада давления рабочей жидкости на этом резиновом кольце) **величина должна быть больше значения 3.0**

$L_h = 1584$ часов - оценочный ресурс работы уплотнения при средних значениях размеров вала, цилиндра, канавки и резинового кольца при условии отсутствия механического износа и совместимости материала резинового кольца с рабочей средой при её температуре $t = 75$ град С, если значение равно 0, то ресурс считается неопределённым.