

УДК 621.778.27

В.С. Ливотов, А.С. Просвилов, А.В. Напалков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ

ЧАСТЬ I

**ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ ВИТЫХ ПРУЖИН  
И ПРУЖИННЫХ КОЛЕЦ**

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Обозначения . . . . .	2
Введение . . . . .	3
Основные расчетно-поверочные формулы пружин из металла круглого сечения . . . . .	4
Основные расчетно-поверочные формулы пружинных колец . . . . .	5
1. Общие положения . . . . .	5
2. Нормативно-техническая документация на пружины . . . . .	5
3. Материалы для изготовления пружин . . . . .	6
4. Порядок поверочного расчета витых цилиндрических пружин сжатия, растяжения, кручения . . . . .	7
5. Порядок поверочного расчета конических пружин сжатия . . . . .	8
6. Методика составления расчетной карты . . . . .	9
7. Поверочные расчеты типовых витых цилиндрических пружин сжатия, растяжения, кручения . . . . .	9
8. Поверочные расчеты пружинных колец . . . . .	12
9. Определение изменений размеров пружин при навивке, термообработке и 3-х кратном нагружении . . . . .	13
10. Оборудование для холодной навивки пружин . . . . .	13
11. Перечень нормативно-технических документов используемых при проектировании и поверочных расчетах витых пружин . . . . .	16
Литература . . . . .	16

## ОБОЗНАЧЕНИЯ

<b>d, мм</b>	– диаметр пружинной проволоки.	<b>[σ], кгс/мм<sup>2</sup></b>	– допускаемое напряжение изгиба.
<b>D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>0</sub>(D), мм</b>	– диаметр пружины наружный, внутренний, средний.	<b>[M], кгс·мм</b>	– допускаемый изгибающий момент.
<b>D<sub>0 min</sub>, D<sub>0 max</sub>, мм</b>	– средний диаметр наименьшего, наибольшего витка конической пружины	<b>σ<sub>в</sub>; R<sub>m</sub>, кгс/мм<sup>2</sup></b>	– временное сопротивление разрыву пружинной проволоки.
<b>l<sub>0</sub>; H<sub>0</sub>, мм</b>	– высота (длина) пружины в ненагруженном (свободном) состоянии	<b>i; c = <math>\frac{D_0}{d}</math></b>	– индекс пружины (отношение среднего диаметра пружины к диаметру проволоки).
<b>α<sub>0</sub>, град.</b>	– угол между зацепами пружины кручения в ненагруженном (свободном) состоянии.	<b>G, кгс/мм<sup>2</sup></b>	– модуль упругости при сдвиге.
<b>l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub>, l<sub>3</sub>;</b>	– высота (длина) пружины соответственно при предварительном, рабочем, наибольшем нагружении.	<b>E, кгс/мм<sup>2</sup></b>	– модуль упругости при растяжении и сжатии.
<b>H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, мм</b>		<b>[P], кгс</b>	– допускаемая сила, необходимая для увеличения радиуса пружинного кольца.
<b>t, мм</b>	– шаг пружины в свободном состоянии.	<b>[f'], мм</b>	– допускаемая величина увеличения радиуса пружинного кольца.
<b>n<sub>1</sub></b>	– полное число витков пружины.	<b>D<sub>вн</sub>, мм</b>	– внутренний диаметр пружинного кольца.
<b>n</b>	– число рабочих витков пружины.	<b>b, мм</b>	– ширина материала кольца.
<b>f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub>;</b>	– абсолютная линейная деформация пружины соответственно при предварительном, рабочем, наибольшем нагружении.	<b>a, мм</b>	– толщина материала пружинного кольца.
<b>s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub>, s<sub>3</sub>;</b>		<b>D<sub>вал</sub>, мм</b>	– диаметр вала.
<b>λ<sub>1</sub>, λ<sub>2</sub>, λ<sub>3</sub>, мм</b>	– величина предварительного, рабочего, наибольшего нагружения ≡ возвратная сила при деформации пружины на величину f <sub>1</sub> , f <sub>2</sub> , f <sub>3</sub> .	<b>R, мм</b>	– средний радиус пружинного кольца.
<b>F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>;</b>		<b>P<sub>нп</sub>; F<sub>нп</sub>, кгс</b>	– сила, при которой начинается посадка витков конической витой пружины.
<b>P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, кгс</b>	– абсолютная угловая деформация пружины соответственно при предварительном, рабочем, наибольшем моменте скручивания.	<b>P<sub>кп</sub>; F<sub>кп</sub>, кгс</b>	– сила, при которой пружина сжимается до предела.
<b>φ<sub>1</sub>, φ<sub>2</sub>, φ<sub>3</sub>, град.</b>	– возвратный момент пружины кручения при угловой деформации пружины (угле скручивания) φ <sub>1</sub> , φ <sub>2</sub> , φ <sub>3</sub> .	<b>г<sub>1</sub>, мм</b>	– наименьший средний радиус рабочей части витков конической витой пружины.
<b>ω<sub>1</sub>, ω<sub>2</sub>, ω<sub>3</sub>, радиан.</b>		<b>г<sub>2</sub>, мм</b>	– наибольший средний радиус рабочей части витков конической витой пружины.
<b>M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, кгс·мм</b>	– средняя величина плеча зацепа пружины кручения.	<b>H<sub>н</sub>, мм</b>	– высота полностью сжатой конической витой пружины.
<b>R=M/F, мм</b>	– межвитковая сила пружин растяжения с плотной навивкой.	<b>J; J<sub>p</sub>, мм<sup>4</sup></b>	– полярный момент инерции.
<b>F<sub>н</sub>, кгс</b>	– коэффициент, учитывающий увеличение напряжений от кривизны витка для пружин сжатия или растяжения.	<b>C, кгс·мм<sup>2</sup></b>	– жесткость пружины.
<b>K</b>	– касательное напряжение, возникающее в материале пружины при предварительном, рабочем, наибольшем нагружении.	<i>Примечание. В действующей нормативно-технической документации на витые пружины и пружинные кольца одни и те же параметры имеют разное обозначение.</i>	
<b>τ<sub>1</sub>, τ<sub>2</sub>, τ<sub>3</sub>, кгс/мм<sup>2</sup></b>	– допускаемое касательное напряжение.		
<b>[τ], кгс/мм<sup>2</sup></b>	– напряжение изгиба, возникающее в пружине при предварительном, рабочем, наибольшем моменте скручивания.		
<b>σ<sub>1</sub>, σ<sub>2</sub>, σ<sub>3</sub>, кгс/мм<sup>2</sup></b>			

## ВВЕДЕНИЕ

Витые пружины принадлежат к числу наиболее распространенных упругих элементов машиностроения. Они применяются в самых различных конструкциях как аккумуляторы упругой энергии, в амортизирующих, возвратно-подающих и во многих других механических устройствах. Наиболее часто пружины мало занимают место в узлах конструкций, однако именно они зачастую определяют долговечность, безотказность и надежность работы механизма или машины.

В зависимости от вида и величины воспринимаемых рабочих нагрузок существует большое многообразие форм, типоразмеров и конструкций зацепов витых пружин. При сборке автомобилей ВАЗ, КАМАЗ, ГАЗ, УАЗ используется более 15 000 комплектующих изделий, из них 5 % - пружины с диаметром проволоки от 0,2 до 30 мм. Ежемесячно проектируются новые, отвечающие времени узлы машин и механизмов с пружинами новых конструкций.

Вопросы, возникающие в процессе разработки, освоении и внедрении технологии изготовления новых конструкций витых пружин в основном связаны с обеспечением требуемых грузовых и геометрических характеристик изделия.

При проектировании пружин допускаемые отклонения грузовых, геометрических характеристик и физико-механические свойства материала, заданные в чертеже в большинстве случаев не согласованы друг с другом. Опираясь при изготовлении на один параметр такой пружины, нельзя обеспечить другие параметры, что ведет за собой затраты времени на освоение, затраты основных и вспомогательных материалов и не гарантирует в конечном счете качество требуемой пружины. Тем более

пружины, навитые с отклонениями по геометрическим параметрам, гарантированно бракуются по грузовым характеристикам.

При разработке технологического процесса изготовления заданной витой пружины, в поверочных расчетах необходимо учитывать такие факторы, влияющие на конечное качество пружины, как применяемый материал и его соответствие требуемым геометрическим и физико-механическим свойствам, качество основного и вспомогательного подающего и формообразующего инструмента, режимы и условия последующей термообработки, последующие операции шлифовки торцев, доводочных операций, технологические операции деформации пружины, степень дробеструйной обработки, режимы и условия гальванопокрытия, обезводораживания и консервации.

Руководящий технический материал устанавливает методику технологических расчетов для обеспечения требуемых механических характеристик витых пружин, получаемых на автоматах холодной навивки. Рекомендации, изложенные в РТМ, являются результатом обобщения практического опыта предприятия и научных трудов отечественных авторов Пономарева С.Д., Андреева Л.Е., Курендаш Р.С., Остроумова В.П., Карпунина В.А., Радчик А.С., Малинина Н.Н., Чернышева Н.А., Быкова В.А., Андреева Л.Е., Бермана М.Э., Коновалова А.А., Фролова Г.Н., Шалина В.Н., Ушакова Н.Н., Заседателяева С.М.

Использование РТМ позволит повысить качество технологических разработок, снизить процент доработок технологической оснастки, окажет существенную помощь технологам и специалистам при освоении новых видов винтовых пружин. РТМ также может быть полезен молодым специалистам, технологам и наладчикам пружинного производства для повышения квалификации, уровня мастерства и в качестве справочной литературы.

Настоящий РТМ не распространяется на пружины, предназначенные для работы при повышенных температурах, а также в агрессивных и иных средах, обуславливающих применение специальных материалов.

Руководящий технический материал разработан сотрудниками технической службы ОАО «ВЗТДиН» В.С. Ливотовым, А.С. Просвириным, А.В. Напалковым.

**ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНО-ПОВЕРОЧНЫЕ ФОРМУЛЫ ВИТЫХ ПРУЖИН ИЗ МЕТАЛЛА КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ.**

ПОВЕРОЧНАЯ ВЕЛИЧИНА	РАСЧЕТНАЯ ФОРМУЛА
Возвратная сила пружины растяжения или сжатия при деформации пружины на величину $f_x$ , кгс	$F_x = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_x}{8 \cdot D_{cp}^3 \cdot n}$ , где G для стальной пружинной проволоки принимается 8000 кгс/мм <sup>2</sup> , $x=1,2,3$ .
Максимальное значение высоты пружины заданной геометрии, сжатой до соприкосновения витков, $H_{3(max)}$ , мм	$H_{3(max)} = [n_1 + \Delta n_1 + 1 - (n_3 - 0,1)] \cdot (d + \Delta d)$ .
Касательное напряжение, возникающее в материале пружины сжатия или растяжения, кгс/мм <sup>2</sup>	$\phi_k = \kappa \cdot \frac{8 \cdot F_x \cdot D_0}{p \cdot d^3} = \left\{ \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0,615}{c} \right\} \cdot \frac{8 \cdot F_x \cdot D_0}{p \cdot d^3}$ или без учета кривизны витка $\tau_x \cong \frac{2,55 \cdot F_x \cdot D_0}{d^3}, x=1,2,3.$
Возвратный момент при угловой деформации пружины кручения (угле скручивания) $\omega_x$ , кгс·мм	$M_x = \frac{\omega_x \cdot E \cdot d^4}{11,25 \cdot 2\pi \cdot D_0 \cdot n}$ , или $M_x \cong \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_x}{D_0 \cdot n}, x=1,2,3.$
Возвратная сила при угловой деформации пружины кручения (угле скручивания) $\omega_x$ , кгс	$F_x = \frac{\omega_x \cdot E \cdot d^4}{R \cdot 11,25 \cdot 2\pi \cdot D_0 \cdot n}$ , или $F_x \cong \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_x}{R \cdot D_0 \cdot n}, x=1,2,3.$

Напряжение изгиба, возникающее в материале пружины кручения, кгс/мм <sup>2</sup>	$y_x = \kappa \cdot \frac{32 \cdot M_x}{p \cdot d^3} = \left\{ \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} \right\} \cdot \frac{32 \cdot M_x}{p \cdot d^3}$ или без учета кривизны витка $\sigma_x \cong \frac{10,2 \cdot M_x}{d^3}, x=1,2,3$
Допускаемое увеличение радиуса пружинного кольца, мм.	$\delta = \frac{F \cdot R^3}{1312,5 \cdot d^4}$ .
Шаг пружины сжатия с поджатыми опорными витками и зашлифованными торцами, мм	$t = \frac{H_0 - 1,5 \cdot d}{n}$ .
Сила, при которой начинается посадка витков конической витой пружины сжатия с постоянным шагом, кгс	$F_{нп} = \begin{cases} \frac{C \cdot H_0}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_2^3}, \text{ при } (r_2 - r_1) > n \cdot d \\ \frac{C \cdot (H_0 - H_m)}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_2^3}, \text{ при } (r_2 - r_1) < n \cdot d \end{cases}$
Сила, при которой коническая витая пружина сжатия с постоянным шагом сжимается до предела, кгс	$F_{кп} = \frac{F_{нп}}{\left\{ \frac{r_1}{r_2} \right\}^3}$ .
Высота полностью сжатой конической витой пружины сжатия с постоянным шагом, мм	$H_m = \sqrt{(n \cdot d)^2 - (r_2 - r_1)^2}$ .
Возвратная сила при нагружении конической пружины с постоянным шагом до высоты $H_x$ , мм	$F_x = \frac{f_x \cdot 2 \cdot C}{p \cdot n \cdot (r_2^2 + r_1^2) \cdot (r_2 + r_1)}, \text{ где } f_x = H_0 - H_x$ $x=1,2,3.$

Таблица

Формулы для расчета конических и параболических пружин с витками круглого поперечного сечения

Определяемые величины	Параболическая пружина		Коническая пружина на при $h = \text{const}$		Коническая пружина при $\alpha_0 = \text{const}$		
	$(r_2 - r_1) > id$	$(r_2 - r_1) < id$	$(r_2 - r_1) > id$	$(r_2 - r_1) < id$	$r_1 > r_m$	$r_1 \leq r_m$ $\frac{(r_2 - r_1)}{r_1} > \frac{r_2 - r_1}{id}$ $\frac{(r_2 - r_1)}{r_1} < \frac{r_2 - r_1}{id}$	$r_2 \leq r_m$
Сила, при которой начинается посадка витков	$P_{н.п} = \frac{CH_0}{\pi i (r_2 + r_1) r_2^2}$	$P_{н.п} = \frac{C}{\pi i r_2^2} \times \left( \frac{H_0}{r_2 + r_1} - \frac{H_m}{2r_2} \right)$	$P_{н.п} = \frac{CH_0}{2\pi i r_2^3}$	$P_{н.п} = \frac{C(H_0 - H_m)}{2\pi i r_2^3}$	$P_{н.п} = \frac{CH_0 m}{r_2^2 (r_2 - r_1)}$	$P_{н.п} = \frac{Cm}{r_2^2} \left[ \frac{H_0}{r_2 - r_1} - \sqrt{\left( \frac{d}{2\pi m r_2} \right)^2 - 1} \right]$	
Сила, при которой вся пружина сжимается до предела	$P_{к.п} = \frac{P_{н.п}}{n^3}$	$P_{к.п} = \frac{C}{\pi i r_1^2} \times \left( \frac{H_0}{r_2 + r_1} - \frac{H_m}{2r_1} \right)$	$P_{к.п} = \frac{P_{н.п}}{n^3}$	$P_{к.п} = \frac{P_{н.п}}{n^3}$	$P_{к.п} = \frac{P_{н.п}}{n^3}$	$P_{к.п} = \frac{Cm}{r_1^2} \left[ \frac{H_0}{r_2 - r_1} - \sqrt{\left( \frac{d}{2\pi m r_1} \right)^2 - 1} \right]$	
Осадка пружины под действием силы $P$ ( $0 < P < P_{н.п}$ )	$\lambda = \frac{P \pi i (r_2^2 + r_1^2) (r_2 + r_1)}{2C}$				$\lambda = \frac{P}{3mC} (r_2^3 - r_1^3)$		
Осадка, соответствующая началу посадки витков (при $P = P_{н.п}$ )	$\lambda_{н.п} = 0,5 \times (1 + n^2) H_0$	$\lambda_{н.п} = \frac{P_{н.п} \pi i (r_2^2 + r_1^2) \times (r_2 + r_1)}{2C}$	$\lambda_{н.п} = 0,25 \times (1 + n^2) \times (1 + n) H_0$	$\lambda_{н.п} = 0,25 \times (1 + n^2) (1 + n) \times (H_0 - H_m)$	$\lambda_{н.п} = \frac{1}{3} \frac{(1 - n^3)}{(1 - n)} H_0$	$\lambda_{н.п} = \frac{P_{н.п}}{3mC} (r_2^3 - r_1^3)$	
Осадка под действием силы $P$ ( $P_{н.п} < P < P_{к.п}$ )	$\lambda = \frac{0,5 H_0}{1 - n^2} \left( 2 - \frac{P_{н.п}}{P} - \frac{P}{P_{н.п}} n^4 \right) \times \left( 2 - \frac{P_{н.п}}{P} \right) H_0$ Для малых $n$ $\lambda \approx 0,5 \times \left( 2 - \frac{P_{н.п}}{P} \right) H_0$	$\lambda \approx \frac{0,5 (H_0 - H_m)}{1 - n^2} \times \left( 2 - \frac{P_1}{P} - \frac{P}{P_1} n^4 \right)$ где $P_1 = \frac{C(H_0 - H_m)}{\pi i (r_2 + r_1) r_2^2}$	$\lambda \approx \frac{0,25 H_0}{1 - n} \times \left( 4 - 3 \times \sqrt[3]{\frac{P_{н.п}}{P}} - \frac{P}{P_{н.п}} n^4 \right)$	$\lambda = \frac{0,25 (H_0 - H_m)}{(1 - n)} \times \left( 4 - 3 \sqrt[3]{\frac{P_{н.п}}{P}} - \frac{P}{P_{н.п}} n^4 \right)$	$\lambda = \frac{1}{3} H_0 \times \left( 3 - 2 \sqrt{\frac{P_{н.п}}{P}} - \frac{P}{P_{н.п}} n^3 \right)$	$\lambda = \frac{1}{3} (H_0 - H_m) \times \left( 3 - 2 \sqrt{\frac{P_1}{P} - \frac{P}{P_1} n^3} \right)$ где $P_1 = \frac{Cm(H_0 - H_m)}{r_2^2 (r_2 - r_1)}$	
Наибольший крутящий момент при $P_{н.п} < P < P_{к.п}$ (для подсчета напряжений) и значение $r_{\text{пос}}$	$M_{кр} = r_2 \sqrt{P_{н.п} P}$ $r_{\text{пос}} = r_2 \sqrt{\frac{P_{н.п}}{P}}$	$M_{кр} \approx r_2 \sqrt{P_1 P}$ $r_{\text{пос}} \approx r_2 \sqrt{\frac{P_1}{P}}$	$M_{кр} = r_2 \sqrt[3]{\frac{P_{н.п} P^2}{P}}$ $r_{\text{пос}} = r_2 \sqrt[3]{\frac{P_{н.п}}{P}}$ $\tau = M_{кр} / W_p$	$M_{кр} = r_2 \sqrt[3]{\frac{P_{н.п} P^2}{P}}$ $r_{\text{пос}} = r_2 \sqrt[3]{\frac{P_{н.п}}{P}}$	$M_{кр} = r_2 \sqrt{P_{н.п} P}$ $r_{\text{пос}} = r_2 \sqrt{\frac{P_{н.п}}{P}}$	$M_{кр} \approx r_2 \sqrt{P_1 P}$ $r_{\text{пос}} \approx r_2 \sqrt{\frac{P_1}{P}}$	
Вид пружины в плане	Архимедова спираль $r = r_1 + \frac{(r_2 - r_1)}{2\pi} \varphi$				Логарифмическая спираль $r = r_1 e^{m\varphi}$		

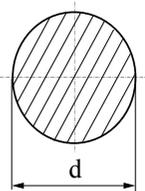
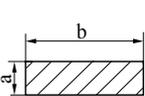
Обозначения:  $H_0$  — свободная высота пружины;  $r_2$  — наибольший радиус

рабочей части витков пружины при  $P < P_{н.п}$ ;  $r_1$  — наименьший радиус рабочей части

витков пружины;  $i$  — число рабочих витков;  $d$  — диаметр проволоки;  $C = GJ/p$ ;  $W_p = \pi d^3/16$ ;  $J_p = \pi d^4/32$

$n = \frac{r_2}{r_1}$ ;  $H_m = \sqrt{(id)^2 - (r_2 - r_1)^2}$ ;  $m = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi i}$ ;  $r_m = \frac{d}{2\pi m (1 + \pi m)}$  — радиус гра-

**ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНО-ПОВЕРОЧНЫЕ ФОРМУЛЫ  
ПРУЖИННЫХ КОЛЕЦ**

Эскиз сечения проволоки	ПОВЕРОЧНАЯ ВЕЛИЧИНА	
	Допускаемая сила для заданного увеличения радиуса пружинного кольца	Допускаемая величина увеличения радиуса пружинного кольца при приложении заданной силы
	[P], мм	[f'], мм
	$[P] = \frac{[\sigma] \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot \left\{ \frac{8}{d} \cdot R + 1 \right\}},$ $[P] = \frac{f' \cdot E \cdot d^4}{16 \cdot R^3},$ $[P] = \frac{1312,5 \cdot f' \cdot d^4}{R^3}.$	$[f'] = \frac{\pi \cdot [P] \cdot R^3}{4 \cdot E \cdot J} = \frac{16 \cdot [P] \cdot R^3}{E \cdot d^4},$ $[f'] = \frac{[P] \cdot R^3}{1312,5 \cdot d^4},$
	$[P] = \frac{[\sigma] \cdot b \cdot a}{\left\{ \frac{6 \cdot R}{b} + 1 \right\}}.$	$[f'] = \frac{3 \cdot \pi \cdot [P] \cdot R^3}{E \cdot a \cdot b^3},$

**1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- 1.1. Настоящий руководящий технический материал (РТМ) распространяется на пружины витые цилиндрические: сжатия, растяжения, кручения, пружины конические и стопорные кольца из пружинной стали круглого сечения.
- 1.2. В РТМ в сжатой форме изложены основные необходимые практические указания по технологическим расчетам и формулы без вывода и теоретического их обоснования.
- 1.3. Целью проверочных технологических расчетов является проверка допустимых сил прикладываемых к пружине и возникающих в материале пружины напряжений; обеспечение повышенной точности силы пружины путем компенсации отклонений одних параметров другими; определение размеров навитых пружин перед термообработкой и технологические операции деформации пружины.

*Примечание: По результатам расчета требуется опытная навивка пружины и при необходимости корректировка технологического процесса.*

- 1.4. Технологические расчеты включают в себя:
  - Проверочный расчет силы и касательных напряжений для пружин сжатия или растяжения; проверочный расчет момента и напряжений изгиба для пружин кручения.
  - Расчет отклонений силы (момента) пружин в зависимости от колебания геометрических параметров.
  - Проверка соизмеримости линейных и диаметральных параметров пружины.

**2. НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ПРУЖИНЫ.**

- 2.1. Государственная и отраслевая нормативно-техническая документация распространяется на пружины витые цилиндрические сжатия и растяжения из стальной пружинной проволоки круглого сечения.
- 2.2. Комплекс стандартов ГОСТ 13764-86 ... ГОСТ 13776-86 регламентирует классы и разряды пружин, методику определения размеров пружин и параметры витков.

- 2.3. По ГОСТ 13764-86 приведено деление витых пружин сжатия и растяжения на три класса в зависимости от характера нагрузки, ее цикличности и регламентированных допускаемых напряжений. Пружины I класса, предназначаются для ответственных узлов, работающих при повторяющихся динамических нагрузках с числом циклов более  $10^7$ . Все статические пружины, периодически нагружаемые и находящиеся под постоянной внешней силой относятся ко II классу. К III классу относятся только пружины сжатия, предназначенные для менее ответственных узлов, работающих с малыми циклами и ограниченной выносливостью.
- 2.4. ГОСТ 16118-70 – Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения. – Устанавливает следующие определяющие требования:
- к пружинной стали и поверхности пружин;
  - параметрам и размерам пружин;
  - изготовлению пружин;
  - правилам приемки;
  - методам контроля;
  - маркировке, упаковке и транспортированию.
- 2.5. ГОСТ 16118-70 устанавливает три группы точности пружин по силам или деформациям.
- 1-я группа точности – пружины с допускаемыми отклонениями на контролируемые силы или деформации 5 %. Пружины этой группы проектируются для применения в технически обоснованных случаях и только I и II классов по ГОСТ 13764-86.
- 2-я группа точности – пружины с допускаемыми отклонениями на контролируемые силы или деформации 10 %. При проектировании, отклонения назначаются для пружин всех классов. Подобные пружины наиболее широко нашли применение в машиностроении.
- 3-я группа точности – пружины с допускаемыми отклонениями на контролируемые силы или деформации 20 %. Отклонения назначаются для проектируемых пружин всех классов кроме одножильных III класса.
- 2.6. Определенным группам точности по силам или деформациям соответствуют три группы точности на геометрические параметры

пружины. Допускаемые отклонения на геометрические параметры пружины установлены ГОСТ 16118-70.

- 2.7. Сочетание по одной и той же группе точности предельных отклонений на силы или деформации с предельными отклонениями на геометрические параметры пружин не является обязательным. Для пружин с неконтролируемыми силами или деформациями предельные отклонения геометрических параметров назначают по одной из трех установленных групп точности.
- 2.8. На основе ГОСТ 13764-86...ГОСТ 13776-86 разработаны отраслевые стандарты:  
ОСТ 37.001.199-77 – Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения. Классификация, основные параметры и технические условия.  
ОСТ 23.1.67-81 – Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения для тракторов и с/х машин. Параметры и технические условия.
- 2.9. На пружины клапанные автомобильных двигателей, пружины подвесок, пружины нажимные сцепления разработаны отраслевые стандарты соответственно ОСТ 37.001.015-77, ОСТ 37.01.027-71, ОСТ 37.001.086-76.
- 2.10. На пружины клапанные тракторных двигателей, пружины кручения с/х машин и тракторов, зацепы пружин растяжения разработаны отраслевые стандарты соответственно РД 23.3.4-89, ОСТ 23.1.66-81, ОСТ 23.1.45-80.
- 2.11. Пружины изготавливаются по чертежам, утвержденным в установленном порядке. Правила выполнения чертежей пружин регламентированы ГОСТ 2.401-68.

### 3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРУЖИН

- 3.1. Работа витых пружин характеризуется тем, что в них используют только упругие свойства стали. Возможная величина упругой деформации пружины, ее прогиб  $f_x$ , определяется ее конструкцией – диаметром проволоки  $d$ , числом рабочих витков  $n$ , диаметром пружины  $D_0$  и величиной внешней силы, действующей на контактные участки. Материалы для изготовления пружин – это конструкционные стали или цветные металлы с высоким пределом упругости, выносливости и релаксационной стойкости. Поскольку возникновение пластической деформации в пружинах не допускается, то от материала подобных изделий не требуется

высокой ударной вязкости и высокой пластичности. Таким требованиям удовлетворяют углеродистые и легированные стали с повышенным содержанием углерода (0,5...0,7 %), которые подвергают закалке и последующему отпуску при температуре 420...520°С.

- 3.2. Пружины изготавливаются методом холодной или горячей навивки из сталей с химическим составом и механическими свойствами предусмотренными ГОСТ 1050-88, ГОСТ 1435-90, ГОСТ 14959-79 и бронзы по ГОСТ 5222-72, ГОСТ 493-79.
- 3.3. Диаметр стальной проволоки и допускаемые отклонения по нему должны соответствовать ГОСТ 9389-75, ГОСТ 1071-81, ГОСТ 14963-78, ГОСТ 2590-88, бронзовой ГОСТ 5222-72.
- 3.4. При проектировании пружины выбор материала и сортамента заготовки для холодной навивки пружин должен проводиться в соответствии с требованиями чертежа и ГОСТ 13764-86.
- 3.5. Для производства пружин широко применяется стальная пружинная проволока круглого сечения диаметром 0,2...8,0 мм по ГОСТ 9389-75, ГОСТ 1071-81, ГОСТ 14963-78 и бронза по ГОСТ 5222-72 с допускаемыми отклонениями по группам точности ГТ3а и ГТ4 ГОСТ 2771-71.  
Для пружин автомобилей ВАЗ, КАМАЗ, ГАЗ, УАЗ, МАЗ применяются пружинные стали по специальным техническим условиям. Наибольшее применение из них нашли сталь 70 по ТУ 14-4-119-73, У8ГА по ТУ 14-4-122-73, 70ХГФА-Ш ТУ 14-4-1380-91 и 60С2ХА-Ш ТУ 14-4-1400-86.

#### 4. ПОРЯДОК ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ВИТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРУЖИН СЖАТИЯ, РАСТЯЖЕНИЯ, КРУЧЕНИЯ.

- 4.1. Сила пружины сжатия и растяжения (расчетные схемы см. на стр. 7-1), заданная требованиями чертежа, проверяется по формуле

$$F_x = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_x}{8 \cdot D_0^3 \cdot n}, \text{ кгс, } x=1,2,3.$$

- 4.2. По расчетной силе определяется касательные напряжения, возникающие в теле пружины

$$\tau_x = k \cdot \frac{8 \cdot F_x \cdot D_0}{\pi \cdot d^3} \cong k \cdot \frac{2,55 \cdot F_x \cdot D_0}{d^3}, \text{ кгс/мм}^2, \text{ где } k = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0,615}{c}, \quad c = \frac{D_0}{d}.$$

- 4.3. В таблице 4.3 приведены значения коэффициента k:

Таблица 4.3

c	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3
k	1,40	1,39	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,32	1,31	1,31	1,30	1,29	1,29
c	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7
k	1,28	1,27	1,27	1,26	1,26	1,25	1,25	1,24	1,24	1,24	1,23	1,23	1,22	1,22
c	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1
k	1,22	1,21	1,21	1,21	1,20	1,20	1,20	1,19	1,19	1,19	1,19	1,18	1,18	1,18
c	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5
k	1,18	1,18	1,17	1,17	1,17	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,15	1,15	1,15
c	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9
k	1,15	1,15	1,15	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
c	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0			
k	1,13	1,13	1,13	1,13	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12			

- 4.4. Расчетное касательное напряжение  $\tau$  сравнивают с допускаемым касательным напряжением  $[\tau]$ , установленным ГОСТ 13764-86 в зависимости от временного сопротивления разрыву  $R_m$ .

В случае  $\tau < [\tau]$  пружина сжатия или растяжения будет качественной и пригодной для установки в рабочий узел.

В случае  $\tau > [\tau]$  изготовленная пружина не будет пригодной для установки в рабочий узел, так как при работе пружина будет давать остаточную деформацию и через определенный период не будет выполнять требуемые функции. Подобную пружину не целесообразно внедрять в производство и требуется изменение ее конструкции или материала.

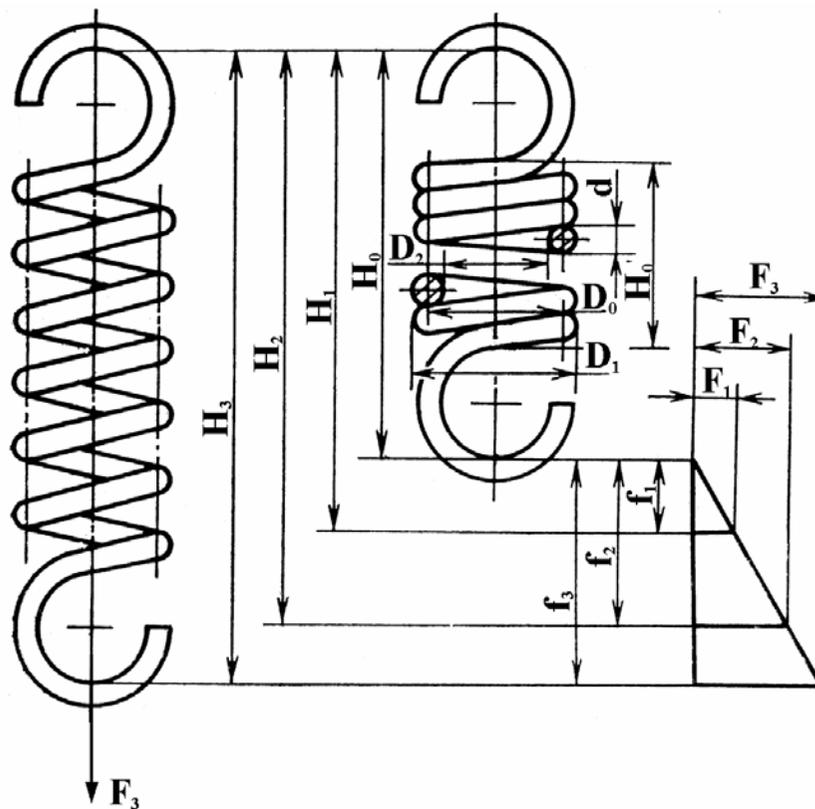
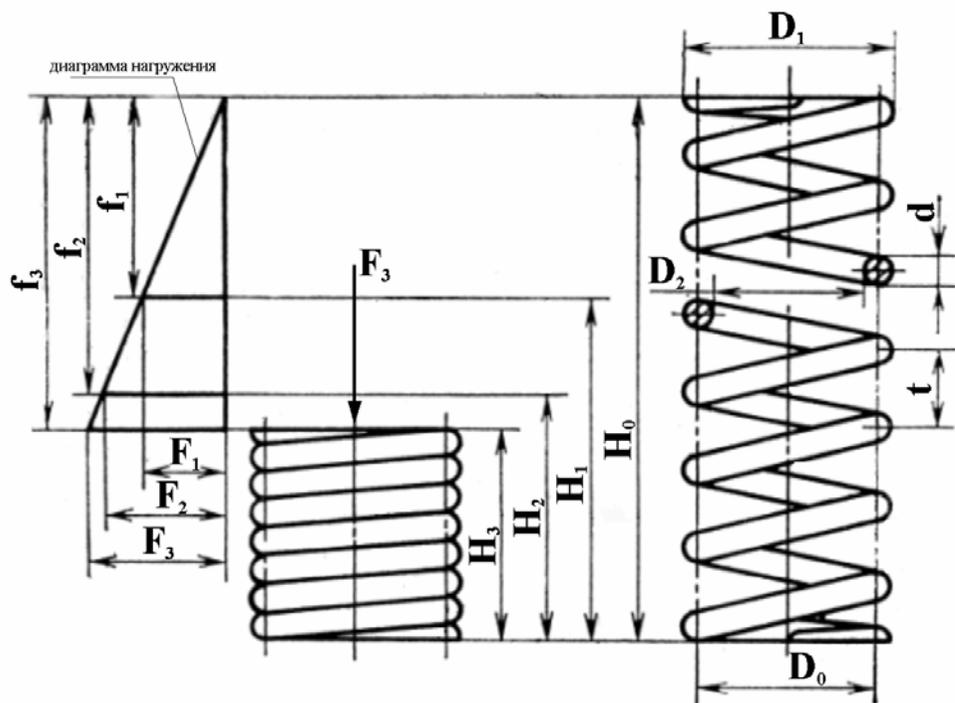
- 4.5. Расчет витых пружин кручения (расчетную схему см. на стр. 7-2) производят только на изгиб.

- 4.6. Возвратный момент пружины кручения, заданный требованиями чертежа проверяется по формуле в зависимости от заданной угловой деформации концевых зацепов  $\varphi_x$

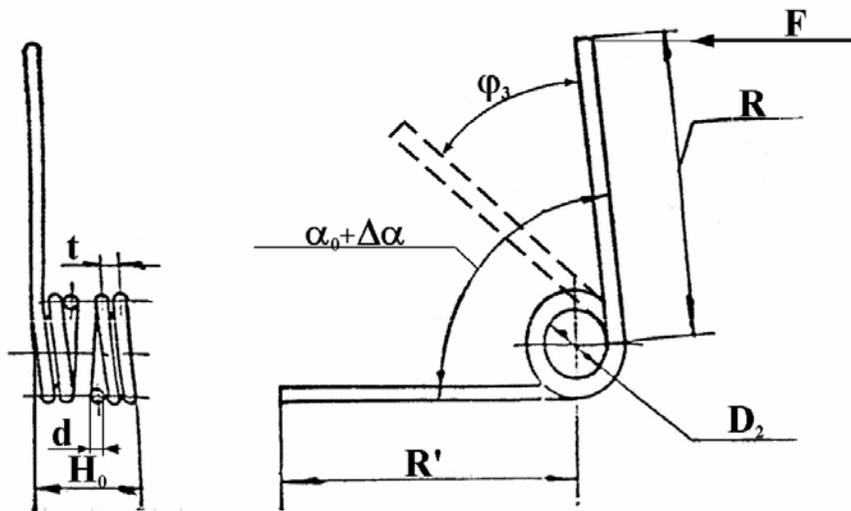
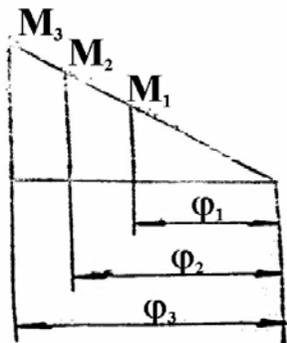
РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ВИТЫХ ПРУЖИН

Пружина сжатия цилиндрическая

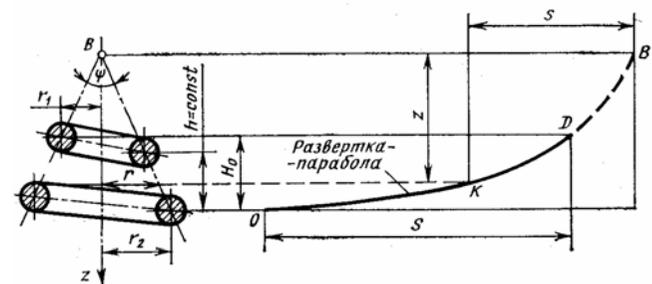
Пружина растяжения цилиндрическая



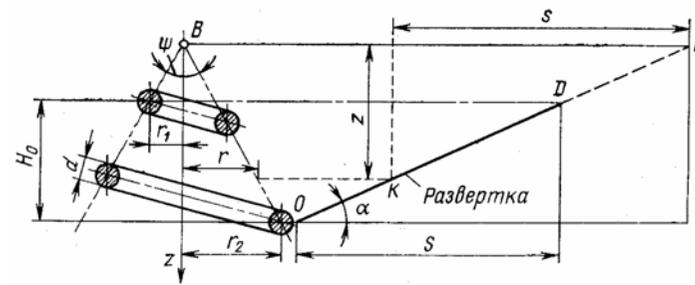
Пружина кручения



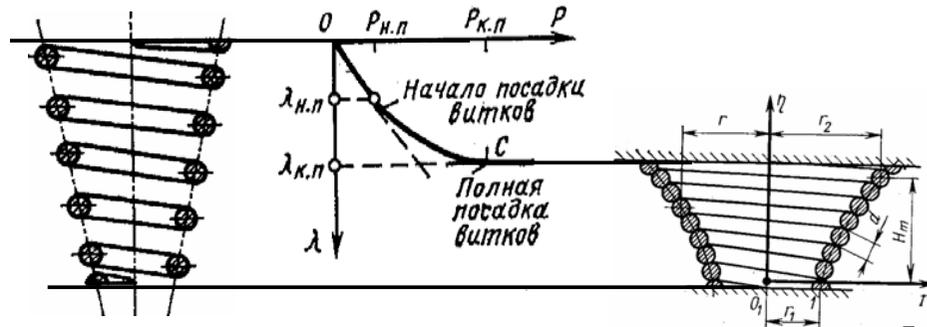
Пружина коническая



с постоянным шагом  $h$



с постоянным углом подъема витков  $\alpha$



$$M_x = F \cdot R = \frac{\omega_x \cdot E \cdot d^4}{11,25 \cdot 2\pi \cdot D_0 \cdot n} \cong \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_x}{D_0 \cdot n}, \text{ кгс}\cdot\text{мм},$$

$$\text{где } \omega_x = \frac{\varphi_x \cdot \pi}{180} \cong \frac{\varphi_x}{57,3}.$$

4.7. Напряжение изгиба, возникающее в материале пружины кручения

$$y_x = \kappa \cdot \frac{32 \cdot M_x}{\rho \cdot d^3} \cong \kappa \cdot \frac{10,2 \cdot M_x}{d^3} = \kappa \cdot \frac{10,2 \cdot F_x \cdot R}{d^3}, \text{ кгс/мм}^2, \text{ где } \kappa = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4}, c = \frac{D_0}{d}$$

4.8. При сопоставлении расчетного напряжения изгиба с допускаемым на изгиб для проволоки (в большинстве случаев принимается  $[\sigma] \approx 0,9 \cdot \sigma_b$ ), определяется возможность возникновения остаточной пластической деформации в пружине.

В случае  $\sigma < [\sigma]$  – пружина кручения работоспособна и пригодна для установки в рабочий узел.

В случае  $\sigma < [\sigma]$  – пружину не целесообразно внедрять в производство, поскольку она через определенный период не будет выполнять требуемые функции.

## 5. ПОРЯДОК ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА КОНИЧЕСКИХ ПРУЖИН.

5.1. Приближенно, поверочный расчет конических пружин допускается производить по формулам для цилиндрических пружин сжатия, при этом значение среднего диаметра пружины  $D_0$  рассчитывается по формуле

$$D_0 = \frac{D_{0 \min} + D_{0 \max}}{2}.$$

5.2. Поверочный расчет конических пружин по методу С.Д. Пономарева (расчетные схемы см. на стр. 7-2).

5.2.1. Формулы для расчета конических пружин приведены на стр.4-1.

5.2.2. Возвратная сила конической пружины сжатия, возникающая до момента, когда витки, начиная с большего, монотонно садятся на опорную поверхность или друг на друга ( $f_x < f_{\text{нп}}$ ), проверяются по формуле

$$F_x = \frac{f_x \cdot 2 \cdot C}{\rho \cdot n \cdot (r_2^2 + r_1^2) \cdot (r_2 + r_1)},$$

при этом

$$f_{\text{нп}} = \begin{cases} 0,25 \cdot (1 + \nu^2) \cdot (1 + \nu) \cdot H_0, & \text{при } (r_2 - r_1) > n \cdot d \\ 0,25 \cdot (1 + \nu^2) \cdot (1 + \nu) \cdot (H_0 - H_m), & \text{при } (r_2 - r_1) < n \cdot d, \end{cases}$$

здесь  $f_{\text{нп}}$  – деформация начала посадки витков,  $\nu = \frac{r_1}{r_2}$ ,  $C = G \cdot \frac{\pi d^4}{32}$ ,

$$H_m = \sqrt{(n \cdot d)^2 - (r_2 - r_1)^2}.$$

5.2.3. По расчетной силе определяются касательные напряжения, возникающие в теле пружины

$$\Phi_x = \frac{16}{\rho \cdot d^3} \cdot r_2 \cdot [F_{\text{нп}} \cdot F_x^2]^{\frac{1}{3}},$$

$$\text{где } F_{\text{нп}} = \begin{cases} \frac{C \cdot H_0}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_2^3}, & \text{при } (r_2 - r_1) > n \cdot d \\ \frac{C \cdot (H_0 - H_m)}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_2^3}, & \text{при } (r_2 - r_1) < n \cdot d \end{cases}.$$

5.2.4. Расчетное касательное напряжение  $\tau$  сравнивают с допускаемым касательным напряжением  $[\tau]$ , установленным ГОСТ 13764-86 в зависимости от  $R_m$ .

В случае  $\tau < [\tau]$  пружина сжатия или растяжения будет качественной и пригодной для установки в рабочий узел.

В случае  $\tau > [\tau]$  изготовленная пружина не будет пригодной для установки в рабочий узел, так как при работе пружина будет давать остаточную деформацию и через определенный период не будет выполнять требуемые функции. Подобную пружину не целесообразно внедрять в производство и требуется изменение ее конструкции или материала.

## 6. МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ КАРТЫ.

Расчетная карта заполняется по схеме приведенной ниже на каждую пружину и входит в документацию на технологический процесс изготовления.

Расчетная карта детали XXX-XXXXX

№ дет.	Расчетные размеры пружины							
	d	D <sub>0</sub>	n	H <sub>0</sub>	f <sub>2</sub> /f <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> /F <sub>3</sub>	τ <sub>2</sub> /τ <sub>3</sub>	[τ] <sub>min</sub> ...[τ] <sub>min</sub>
XXX-XXXXX								

Проверка допускаемых отклонений параметров пружины производится по указанным ниже формулам [7]:

d	D <sub>0</sub>	n	H <sub>0</sub>
0,01	0,1	0,25	0,5
$\frac{F_x \cdot 4}{100 \cdot d}$	$\frac{F_x \cdot 3}{10 \cdot D_0}$	$\frac{F_x}{4 \cdot n}$	$\frac{F_x}{2 \cdot f_x}$

тогда

Допуски по проверке					Изменение расчетной нагрузки F <sub>2</sub> от изменения номинальных размеров пружины			
Δd	ΔD <sub>0</sub>	Δn	ΔH <sub>0</sub>	ΔF	d±0,01	D0±0,1	n±0,25	H0±0,5
					$\frac{F_2 \cdot 4}{100 \cdot d}$	$\frac{F_2 \cdot 3}{10 \cdot D_0}$	$\frac{F_2}{4 \cdot n}$	$\frac{F_2}{2 \cdot f_2}$

где допуск на диаметр проволоки **Δd**, допуск на средний диаметр пружины **ΔD<sub>0</sub>**, допуск на число рабочих витков **Δn** и допуск на свободную высоту пружины **ΔH<sub>0</sub>** определяются по документации на заданную в чертеже пружинную проволоку и ГОСТ 16118-70.

## 7. ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ ТИПОВЫХ ВИТНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРУЖИН СЖАТИЯ, РАСТЯЖЕНИЯ, КРУЧЕНИЯ.

### 7.1. Деталь 240-1007045-A1 - Пружина клапана двигателя Д-240

Данные для расчета заданные чертежом (чертеж см. на стр.9-1).

- Диаметр проволоки – d=4,5 мм.
- Диаметр пружины наружный – D<sub>1</sub> = 38,5<sup>+0,4</sup><sub>-0,2</sub> мм .
- Высота пружины в свободном состоянии – H<sub>0</sub><sup>\*</sup>=64,0 мм.
- Величина предварительного, рабочего, наибольшего нагружения – F<sub>1</sub> = 15,4 ± 1,13 кгс, F<sub>2</sub> = 37,76 ± 2,83 кгс, F<sub>3</sub><sup>\*</sup> = 48,74 кгс.
- Высота пружины при предварительном, рабочем, наибольшем нагружении – H<sub>1</sub> = 55,3 мм, H<sub>2</sub> = 42,3 мм, H<sub>3</sub><sup>\*</sup> = 38,0 мм.
- Полное число витков – n<sub>1</sub> = 8,5 ± 0,2.
- Число рабочих витков n = 6,0.
- Материал – проволока I-4,5-K-1-II 51ХФА ГОСТ 1071-81.
- Временное сопротивление разрыву пружинной проволоки в зависимости от материала и диаметра проволоки – R<sub>m</sub>=155...170 кгс/мм<sup>2</sup> ГОСТ 1071-81.
- Допускаемое касательное напряжение – [τ] = 0,5R<sub>m</sub>=77,5...85 кгс/мм<sup>2</sup>, ГОСТ 13764-86.

7.1.1. Проверочный расчет номинальной силы, заданной чертежом

$$F_1 = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_1}{8 \cdot D_0^3 \cdot n} = \frac{G \cdot d^4 \cdot (H_0 - H_1)}{8 \cdot (D_1 - d)^3 \cdot n} = \frac{8000 \cdot 4,5^4 \cdot (64 - 55,3)}{8 \cdot (38,5 - 4,5)^3 \cdot 6} = 15,13 \text{ кгс.}$$

$$F_2 = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_2}{8 \cdot D_0^3 \cdot n} = \frac{G \cdot d^4 \cdot (H_0 - H_2)}{8 \cdot (D_1 - d)^3 \cdot n} = \frac{8000 \cdot 4,5^4 \cdot (64 - 42,3)}{8 \cdot (38,5 - 4,5)^3 \cdot 6} = 37,73 \text{ кгс.}$$

$$F_3 = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_3}{8 \cdot D_0^3 \cdot n} = \frac{G \cdot d^4 \cdot (H_0 - H_3)}{8 \cdot (D_1 - d)^3 \cdot n} = \frac{8000 \cdot 4,5^4 \cdot (64 - 38)}{8 \cdot (38,5 - 4,5)^3 \cdot 6} = 45,21 \text{ кгс.}$$

7.1.2. Максимальное значение высоты пружины заданной геометрии, сжатой до соприкосновения витков определяют по формуле

$$H_{3(\max)} = [n_1 + \Delta n_1 + 1 - (n_3 - 0,1)] \cdot (d + \Delta d) = [8,5 + 0,2 + 1 - (1,5 - 0,1)] \cdot (4,5 + 0,03) = 37,6 \text{ мм}$$

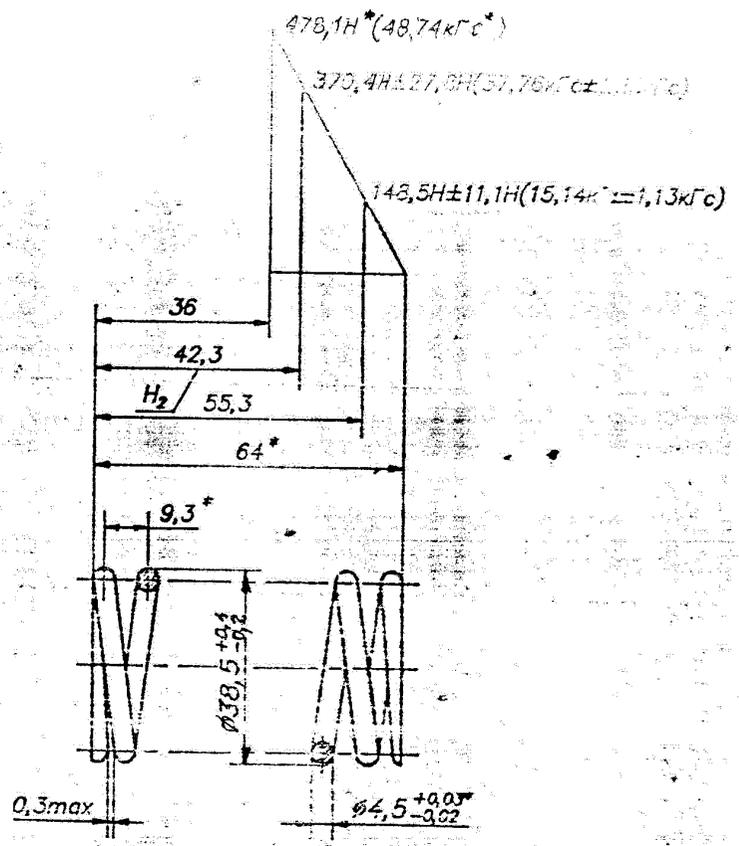
где Δn<sub>1</sub> принимается по ГОСТ 16118-70.

1 240-1007045-A1

Материал: медный подлинник N2

Наклепать Rz40

ВОССТАНОВЛЕН  
Верно: *Синдик*  
ВКД-927  
Лист № 1  
240/37  
1007045-089



1. Модуль сдвига 78460 МПа (8000 кгс/мм<sup>2</sup>)
2. Напряжение касательное при кручении (максимальное) 545,4 МПа (55,6 кгс/мм<sup>2</sup>)
3. Длина развернутой пружины 924,8 мм
4. Число рабочих витков 6.
5. Число витков опорных 0,5±0,2.
6. Направление намотки — правое.
7. Пружина должна под собственным весом надеваться на стержень диаметром 28,95 мм по всей длине.
8. Опорные витки пружины должны быть завиты в замкнутые кольца и зашлифованы перпендикулярно образующей пружины на длине не менее 0,75 D.
9. Допуск перпендикулярности торцовых поверхностей к образующей в свободном состоянии пружины  $\alpha_1 = 1,2$  мм/1,5 мм
10. Неравномерность шага пружин в свободном состоянии не должно превышать 0,7 мм.
11. Толщина конца опорного витка пружины не должна быть менее 0,7 мм.
12. \* Размеры для справок.
13. Покрытие — лак ГФ-95 ГОСТ 8018-70. IV. 5/ I.
14. Готовые пружины после трехкратного сжатия их до высоты  $H_2$  не должны иметь остаточной деформации.
15. При номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя 2200 об/мин, наибольшая скорость перемещения подвижного конца пружины 2,63 м/сек.
16. Остальные требования по РД 23.3.4-89.
17. Число проверяемых пружин при периодических испытаниях на выносливость должно быть не менее восьми штук.
18. Отклонение от перпендикулярности торцовых поверхностей пружины не более 0,22 мм.
19. Допускается изготавливать из материала: Проволока 51ХФА-К-2А-П-4,5 ГОСТ 1071-81.

ИЗГОТОВИТЕЛЕМ  
ПУНКТ № 75

8 пр. Рас. 1/2 4945-20/5-97.

47 5341 4513-240-1007045-A1

№	Зр.	Исполн.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
17	240-97-97	Синдик	20/5-97	A	0,1094	1:1
18	240-892-97	Синдик	20/5-97			
19	240-477-90	Павлов	20/5-97			
Изд.	Лист	Н. докум.	Получен	Есть		
Разраб.	Лавров	Павлов	20/5-97			
Черт.	Синдик	Павлов	20/5-97			
Лит. пр.	Синдик	Павлов	20/5-97			
М.К.В.	Александров	Павлов	20/5-97			
Н.К.М.	Шарков	Павлов	20/5-97			
Ум.	Рубинштейн	Павлов	20/5-97			

Пружина клапана наружная  
Проволока 51ХФА-К-1А-П-4,5  
ГОСТ 1071-81

ИМЗ-ОК

7.1.3. Максимальная возвратная сила пружины при сжатии до соприкосновения витков

$$F_{3(\max)} = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_3}{8 \cdot D_0^3 \cdot n} = \frac{G \cdot d^4 \cdot (H_0 - H_{3(\max)})}{8 \cdot (D_1 - d)^3 \cdot n} = \frac{80004,5^4 \cdot (64 - 37,6)}{8 \cdot (38,5 - 4,5)^3 \cdot 6} = 45,90 \text{ кгс}$$

7.1.4. По расчетным значениям  $F_2$  и  $F_{3(\max)}$  ведется расчет касательных напряжений в металле при заданных деформациях

1. определяется индекс пружины –

$$c = \frac{D_0}{d} = \frac{(D_1 - d)}{d} = \frac{(38,5 - 4,5)}{4,5} = 7,6.$$

2. определяется коэффициент, учитывающий увеличение напряжений от кривизны витка по таблице 4.3 в зависимости от индекса пружины  $c=7,6$   $k=1,19$ , или по формуле

$$k = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0,615}{c} = \frac{4 \cdot 7,6 - 1}{4 \cdot 7,6 - 4} + \frac{0,615}{7,6} = 1,19.$$

3. определяются возникающие касательные напряжения при нагрузке  $F_2$

$$\tau_2 = k \cdot \frac{8 \cdot F_2 \cdot D_0}{\pi \cdot d^3} \cong k \cdot \frac{2,55 \cdot F_2 \cdot (D_1 - d)}{d^3} = 1,19 \cdot \frac{2,55 \cdot 37,7 \cdot (38,5 - 4,5)}{4,5^3} = 42,68 \text{ кгс/мм}^2$$

и максимальной нагрузке  $F_3$

$$\tau_{3(\max)} = k \cdot \frac{8 \cdot F_{3(\max)} \cdot D_0}{\pi \cdot d^3} \cong k \cdot \frac{2,55 \cdot F_{3(\max)} \cdot (D_1 - d)}{d^3} = 1,19 \cdot \frac{2,55 \cdot 45,9 \cdot (38,5 - 4,5)}{4,5^3} = 51,97 \text{ кгс/мм}^2$$

### 7.1.5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные поверочные расчеты показывают, что возможное максимальное касательное напряжение в металле пружины  $\tau_{3(\max)}=51,97$  кгс/мм<sup>2</sup> имеет значение меньше чем предельное допускаемое касательное напряжение для данного металла ( $[\tau] = 77,5 \dots 85$  кгс/мм<sup>2</sup>).

Деталь 240-1007045А-1 по заданным параметрам с указанными техническими требованиями возможно изготовить, при этом пружина будет качественной и годной для установки в двигатель.

7.1.6. Расчетная карта детали 240-1007045А-1

№ дет.	Расчетные размеры пружины							
	d	D <sub>0</sub>	n	H <sub>0</sub>	f	F	τ	[τ]
240-1007045А-1	4,5	34,0	6,0	64	21,7	37,73	42,68	77,5..
					26,0	45,21	51,97	85

Допуски по расчету					Изменение расчетной нагрузки от изменения номинальных размеров			
Δd	ΔD <sub>0</sub>	Δn	ΔH	ΔF	d±0,01	D0±0,1	n±0,25	H±0,5
+0,03				+2,5				
-0,02	±0,2	–	±0,5	-1,8	0,335	0,333	1,572	0,870

### 7.2. Пружина 77.40.119А (пружина растяжения)

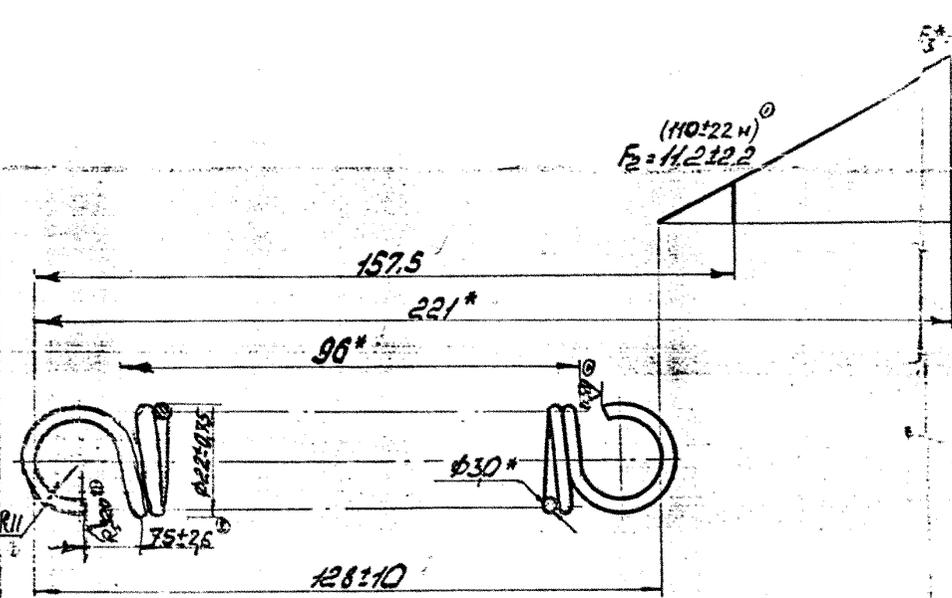
Данные для расчета заданные чертежом (чертеж см. на стр.10-1).

- Диаметр проволоки –  $d=3,0$  мм.
- Диаметр пружины наружный –  $D_1 = 22 \pm 0,75$  мм.
- Длина пружины в свободном состоянии –  $H_0=128 \pm 10$  мм.
- Величина рабочего, наибольшего нагружения –  
 $F_2 = 11,2 \pm 2,2$  кгс,  $F_3^* = 35,5$  кгс.
- Длина пружины при рабочем и наибольшем нагружении. –  $l_2=157,5$  мм,  $l_3=221$  мм.
- Число рабочих витков  $n = 31,0$ .
- Материал – проволока Б-2-П-3,0 ГОСТ 9389-75.
- Временное сопротивление разрыву пружинной проволоки –  $R_m = 165 \dots 190$  кгс/мм<sup>2</sup> ГОСТ 9389-75 табл. 3.
- Допускаемое касательное напряжение –  $[\tau] = 82,5 \dots 95$  кгс/мм<sup>2</sup> ГОСТ 13764-86.

7.2.1. Поверочный расчет нагрузки заданной чертежом

$$F_2 = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_2}{8 \cdot D_0^3 \cdot n} = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_2}{8 \cdot (D_1 - d)^3 \cdot n} = \frac{8000 \cdot 3,0^4 \cdot (157,5 - 128)}{8 \cdot (22 - 3,0)^3 \cdot 31} = 11,24 \text{ кгс.}$$

$$F_3 = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_3}{8 \cdot D_0^3 \cdot n} = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_3}{8 \cdot (D_1 - d)^3 \cdot n} = \frac{8000 \cdot 3,0^4 \cdot (221 - 128)}{8 \cdot (22 - 3,0)^3 \cdot 31} = 35,43 \text{ кгс.}$$



- 11. Допускается изготовление из проволоки Б-2-30 ГОСТ 9389-75
- 10. Масса заготовки 0,113 кг. не более;  
К И М - не менее 0,96.
- 1. Пружина №432 ГОСТ 13771-86
- 2. L = 2006,5 мм.
- 3. n = 31.
- 4. Направление навивки пружины - любое
- 5. После растяжения до длины 220 мм остаточная деформация не допускается.
- 6. При эквивалентно-трещиновом исследовании покрытий КЭТХР по ГОСТ 9797-88. Увеличить ударную вязкость. Допускаются:
  - а) незакрытые точки и потемненные покрытия.
  - б) места контакта с подвесочным устройством.
- 7. Размеры и параметры для справок.
- 8. Технические требования по II группе точности по ГОСТ 16118-70
- 9. Требования к твердости под покрытием, КЭТХР
- 10. Требования к твердости пружины по ГОСТ 3002-70
- 11. При трещиновом исследовании покрытий КЭТХР. Технические требования по ГОСТ 9797-88.

10	Рис. 1171а	Рис. 1	2021	4765159015	7740.119A
11	Рис. 1171б	Рис. 2	15612		
12	Рис. 1171в	Рис. 3	15613		
31	Рис. 1171г	Рис. 4	11113		
ИЗМ.	ИУС	№	Добавил	Подп.	Дата
РАЗР.					
ПРОВ.					
Т.КОНТ.					
И.КОНТ.					
Утв.					
				Пружина	лист 1 из 1
				Проволока Б-2-П-30	лист 1 из 1
				ГОСТ 9389-88	ВГТЗ ГСКБ

7.2.2. По расчетным значениям  $F_2$  и  $F_{3(\max)}$  ведется расчет касательных напряжений в металле при заданных деформациях

$$3. \text{ определяется индекс пружины } - c = \frac{D_0}{d} = \frac{(D_1 - d)}{d} = \frac{(22 - 3,0)}{3,0} = 6,3.$$

4. определяется коэффициент, учитывающий увеличение напряжений от кривизны витка по таблице 4.3 в зависимости от индекса пружины  $c=6,3$   $k=1,23$ , или по формуле

$$k = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0,615}{c} = \frac{4 \cdot 6,3 - 1}{4 \cdot 6,3 - 4} + \frac{0,615}{6,3} = 1,24.$$

3. определяются возникающие касательные напряжения при нагрузке  $F_2$

$$\tau_2 = k \cdot \frac{8 \cdot F_2 \cdot D_0}{\pi \cdot d^3} \cong k \cdot \frac{2,55 \cdot F_2 \cdot (D_1 - d)}{d^3} = 1,24 \cdot \frac{2,55 \cdot 11,24 \cdot (22 - 3,0)}{3,0^3} = 25,01 \text{ кгс/мм}^2$$

и максимальной нагрузке  $F_3$

$$\tau_3 = k \cdot \frac{8 \cdot F_3 \cdot D_0}{\pi \cdot d^3} \cong k \cdot \frac{2,55 \cdot F_3 \cdot (D_1 - d)}{d^3} = 1,24 \cdot \frac{2,55 \cdot 35,43 \cdot (22 - 3,0)}{3,0^3} = 78,83 \text{ кгс/мм}^2.$$

### 7.2.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные поверочные расчеты показывают, что при растяжении до размера  $H_0 + f_3 = 128 + 93 = 221$  мм не будет иметь остаточную деформацию, т.к. возможное максимальное касательное напряжение в металле пружины  $\tau_3 = 78,83$  кгс/мм<sup>2</sup> имеет значение меньше чем предельное допускаемое касательное напряжение для данного металла ( $[\tau] = 82,5 \dots 95$  кгс/мм<sup>2</sup>). Деталь 77.40.119А по заданным параметрам с указанными техническими требованиями возможно изготовить, при этом пружина будет качественной и годной для установки в узел.

7.2.4. Расчетная карта детали 77.40.119А

№ дет.	Расчетные размеры пружины							
	d	D <sub>0</sub>	n	H <sub>0</sub>	f	F	τ	[τ]
77.40.119А	3	19	31	128	29,5 93	11,24 35,43	25,01 78,83	82,5 ..95

Допуски по расчету					Изменение расчетной нагрузки от изменения номинальных размеров			
Δd	ΔD <sub>0</sub>	Δn	ΔH	ΔF	d±0,01	D <sub>0</sub> ±0,1	n±0,25	H±0,5
+0,03 -0,02	±0,2	-	±2,5	+1,83 -1,63	0,150	0,177	0,09	0,191

### 7.3. Пружина 54-60932 (пружина кручения)

Данные для расчета заданные чертежом (чертеж см. на стр.11-1).

1. Диаметр проволоки –  $d=3,0$  мм.
2. Диаметр пружины внутренний –  $D_1 = 15 \pm 1,0$  мм.
3. Число рабочих витков  $n = 5,25$ .
4. Угол закручивания -  $\varphi_1=30^\circ$ ,  $\varphi_2=42^\circ 36'$ ,  $\varphi_3=53^\circ 24'$ .
5. Материал – проволока Б-2А-3,0 ГОСТ 9389-75.
6. Временное сопротивление разрыву пружинной проволоки –  $R_m = 165 \dots 190$  кгс/мм<sup>2</sup> ГОСТ 9389-75 табл. 3.
7. Допускаемое напряжение изгиба –  $[\sigma] = 148,5 \dots 171$  кгс/мм<sup>2</sup> ОСТ 23.1.66-81.

7.3.1. Поверочный расчет момента заданного чертежом

1. Абсолютная угловая деформация пружины при предварительном, рабочем, наибольшем моменте скручивания в радианах

$$\omega_1 = \frac{\varphi_1 \cdot \pi}{180} \cong \frac{\varphi_1}{57,3} = \frac{30}{57,3} = 0,523 \text{ радиан.}$$

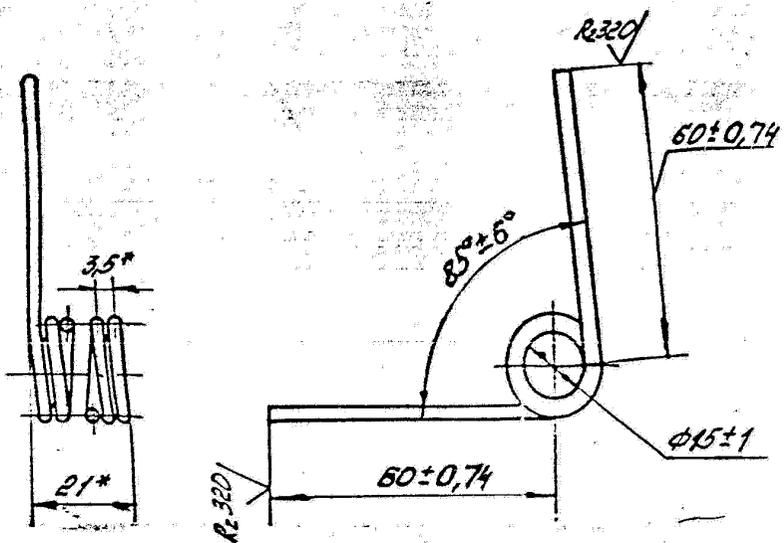
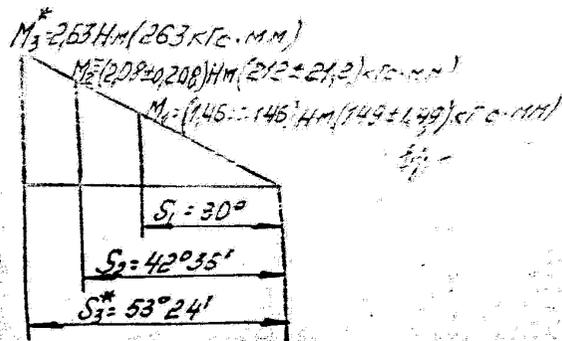
$$\omega_2 = \frac{\varphi_2 \cdot \pi}{180} \cong \frac{\varphi_2}{57,3} = \frac{42^\circ 36'}{57,3} = \frac{42 + \frac{36}{60}}{57,3} = \frac{42,6}{57,3} = 0,743 \text{ радиан.}$$

$$\omega_3 = \frac{\varphi_3 \cdot \pi}{180} \cong \frac{\varphi_3}{57,3} = \frac{53^\circ 24'}{57,3} = \frac{53 + \frac{24}{60}}{57,3} = \frac{53,4}{57,3} = 0,931 \text{ радиан.}$$

54-60932

✓ (✓)

54-0-58



1.  $E^* = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ;  $G_3^* = 1140 \text{ МПа}$ .
2.  $n = 5,25$ .
3. Термообработка - низкотемпературный отпуск.
4. Покрытие - хим. окс. прм.
5. Размеры и параметры для справок.
6. Остальные технические требования по ОСТ 23.1.66-81.
7. Неуказанные предельные отклонения  $\pm \frac{IT17}{2}$ .

Изм. №, дата, Подп. и дата, Взам. инд. №, Инд. №, и дата

Ростсельмаш  
 20.12.2000  
 22.12.2000

				54-60932		
Изм. №	Дата	Подп.	Лист	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Итба	Итба	Итба		0,023	1:1
Прош.	Итба	Итба	Итба			
Исп.	Итба	Итба	Итба			
Учел.	Итба	Итба	Итба			
Проболока Б-2А-3,0				ГКС		
ГОСТ 9389-75				ОАО "Ростсельмаш"		
Калибрная РБНЗЛНА				Фасция АЗ		

2.

$$M_1 = F \cdot R = \frac{\omega_1 \cdot E \cdot d^4}{11,25 \cdot 2p \cdot D_0 \cdot n} \cong \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_1}{D_0 \cdot n} = \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_1}{(D_1 - d) \cdot n} = \frac{297 \cdot 3^4 \cdot 0,523}{(15 + 3) \cdot 5,25} = 133 \text{ кг} \cdot \text{мм}.$$

$$M_2 = F \cdot R = \frac{\omega_2 \cdot E \cdot d^4}{11,25 \cdot 2p \cdot D_0 \cdot n} \cong \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_2}{D_0 \cdot n} = \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_2}{(D_1 - d) \cdot n} = \frac{297 \cdot 3^4 \cdot 0,743}{(15 + 3) \cdot 5,25} = 186 \text{ кг} \cdot \text{мм}.$$

$$M_3 = F \cdot R = \frac{\omega_3 \cdot E \cdot d^4}{11,25 \cdot 2p \cdot D_0 \cdot n} \cong \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_3}{D_0 \cdot n} = \frac{297 \cdot d^4 \cdot \omega_3}{(D_1 - d) \cdot n} = \frac{297 \cdot 3^4 \cdot 0,931}{(15 + 3) \cdot 5,25} = 235,5 \text{ кг} \cdot \text{мм}.$$

7.3.2. По расчетным значениям  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  ведется расчет напряжений изгиба в металле при заданных угловых деформациях

1. определяется индекс пружины –  $c = \frac{D_0}{d} = \frac{(D_1 - d)}{d} = \frac{(15 - 3,0)}{3,0} = 4,0$ .

2. определяется коэффициент, учитывающий увеличение напряжений от кривизны по формуле

$$k = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} = \frac{4 \cdot 4,0 - 1}{4 \cdot 4,0 - 4} = 1,25.$$

3. напряжений изгиба в металле:

$$y_3 = k \cdot \frac{32 \cdot M_3}{p \cdot d^3} \cong k \cdot \frac{10,2 \cdot M_3}{d^3} = 1,25 \cdot \frac{10,2 \cdot 235,5}{3^3} = 102,3 \text{ кгс/мм}^2.$$

7.3.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение расчетного напряжения с допускаемым напряжением на изгиб для проволоки  $\varnothing 3,0$  мм показывает работоспособность пружины и отсутствия остаточных деформаций:

$$y_3 < [y] \Rightarrow 102,3 < 148,5 \text{ кгс/мм}^2.$$

## 8. ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ ПРУЖИННЫХ КОЛЕЦ

### 8.1. Деталь 77-41-327- кольцо запорное ведомого вала

Данные для расчета заданные чертежом (чертеж см. на стр.12-1)

1. Диаметр проволоки –  $d=2,5$  мм.
2. Диаметр пружинного кольца внутренний –  $D_{\text{вн}} = 42,5_{-1,5}^{+0,2}$  мм.
3. Допускаемое напряжение изгиба –  $[\sigma] = 148,5 \dots 171$  кгс/мм<sup>2</sup>  
ГОСТ 9389-75
4. Средний радиус пружинного кольца –  $r = 22,5$  мм.

8.1.1. Определение допустимой силы

$$[P] = \frac{[\sigma] \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot \left\{ \frac{8}{d} \cdot R + 1 \right\}} = \frac{148,5 \cdot \pi \cdot 2,5^2}{4 \cdot \left\{ \frac{8}{2,5} \cdot 22,5 + 1 \right\}} = 9,98 \text{ кгс}.$$

8.1.2. Определение допустимого увеличения радиуса пружинного кольца

$$[r'] = \frac{[P] \cdot R^3}{1312,5 \cdot d^4} = \frac{9,98 \cdot 22,5^3}{1312,5 \cdot 2,5^4} = 2,2 \text{ мм}$$

или увеличение диаметра на 4,4 мм.

8.1.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По чертежу кольцо должно надеваться на оправку диаметром 45 мм, а по расчету предельно допустимый диаметр оправки  $\varnothing 46,9$  мм, следовательно кольцо не будет иметь остаточную деформацию.

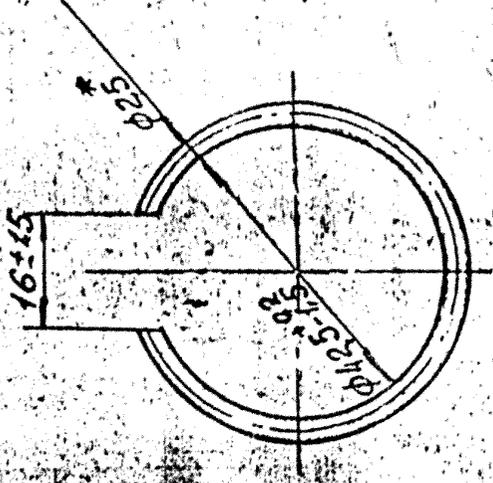
### 8.2. Деталь КУН-90 (КУН – кольцо упорное наружное)

Данные для расчета заданные чертежом (чертеж см. на стр.12-2, 12-3).

1. Толщина металла –  $a=3,0$  мм.
2. Ширина металла –  $b=8,5$  мм.
3. Диаметр пружинного кольца внутренний –  $D_{\text{вн}} = 84,5$  мм.
4. Допускаемое напряжение изгиба –  $[\sigma] = 172$  кгс/мм<sup>2</sup>.
5. Средний радиус пружинного кольца –  $r = 46,5$  мм.

8.2.1. Определение допустимой силы

77.41327



1. Неплоскостность кольца не более 26 мкм.
2. Допускается разброд концов кольца 0,01 мм.
3. Деформационные деформации не допускаются после надевания кольца на оправку ф45 мм.
4. Конфигурацию срезов концов у кольца не контролировать.
5. Масса заготовки 0,00482 кг, не более, КИМ не менее 0,97.
6. Допускается изготовление из проката по рдм 5-2-25 ГОСТ 9889-75.

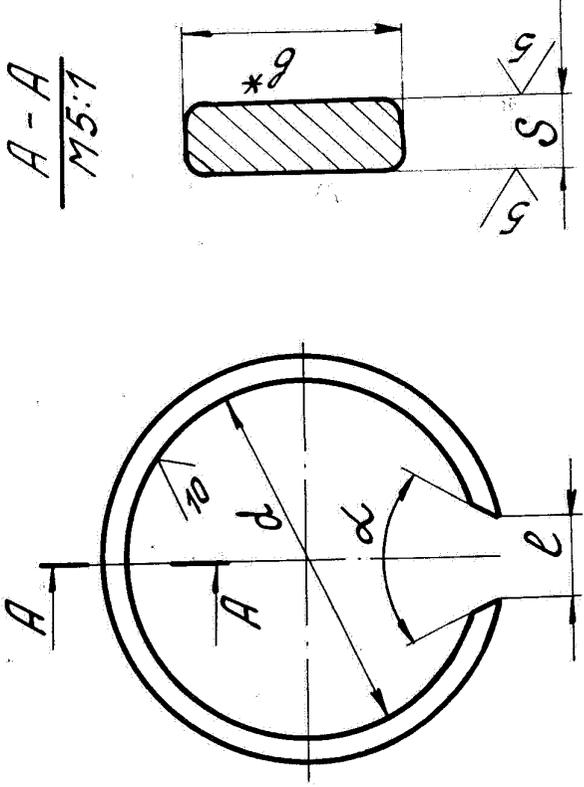
476515244	77.41.327
Кольцо запорное ведомого вала	Листов Вес А 0,00482 1:1
Пробалка б-2-11-2,5 ГОСТ 9389-75	Лист Листов 1 ПТЗ ОПК

КУН-35...КУН-90

20/11/89

139

$\frac{A-A}{M5:1}$



1. На поверхности колец не допускаются трещины, вмятины, заусенцы, забоины, окалина.
2. Плоскостность контролировать щупом на контрольной плите под нагрузкой 20Н.
3. После 3\*кратного увеличения диаметра колец на размер, указанный в табл. м1, диаметр кольца должен быть в пределах допуска на диаметр.
4. Максимально допустимое осевое ушире см. табл. м1.
5. \* Размеры для справок.
6. Детальные технические требования по ТУ 23.0235220.14-89.

Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
802.91			
Пр. 2/15/89	Пр. 2/15/89	Пр. 2/15/89	Пр. 2/15/89
Изм. № докум.	Подп.	Дата	
Разработано	Бурмистров	2/15/89	
Проверено	Сурж	2/15/89	
Т. КОНТ.			

КУН-35... КУН-90		Литер.	Масса	Максимум
КОЛЬЦО УПОРНОЕ		A	см.	
НАРУЖНОЕ			табл.	
Лист 1	Листов 2			

06-НУЖ-35-НУЖ

Размеры в мм

Код ОКП	Обозначение колец	d		S		b*	L	HRC <sub>3</sub>	Допуск плоскостности	Диаметр вала d <sub>1</sub>	Масса 1 шт, кг ≈	Показатели		Допустим осевое усилие, кН	Вид произ-водства
		номин.	пред. откл.	номин.	пред. откл.							Масса загот. кг не более	к/м, не менее		
4799764999	КУН-35	32,2	+0,26 -1,30	1,7	-0,1	5,0	6	47...52	0,17	35	0,00697	0,00765	0,89	26,7	Серийное
4799765000	КУН-38	35,0								38	0,00745	0,00803	0,91	29	—
4799765001	КУН-40	36,5								40	0,00770	0,00843	0,90	39	—
4799765002	КУН-45	41,5	+0,37 -1,60	2,0	-0,1	6,0	8	60±5°	0,17	45	0,00880	0,00941	0,91	42,9	—
4799765003	КУН-50	45,8								50	0,01350	0,01470	0,90	57	—
4799765004	КУН-55	50,8								55	0,01500	0,01627	0,90	62,9	—
4799765005	КУН-60	55,8	+0,37 -1,60	2,5	-0,1	7,0	10	90±5°	0,25	60	0,01620	0,01770	0,89	68,8	—
4799765006	КУН-65	60,8								65	0,02589	0,02801	0,90	74,7	—
4799765007	КУН-70	65,6								70	0,02791	0,03006	0,90	80,6	—
4799765008	КУН-75	70,6	+0,43 -2,20	3,0	-0,1	8,5	8	44...49	0,25	75	0,03030	0,03220	0,92	86,4	—
4799765009	КУН-85	79,5								85	0,03980	0,04232	0,91	114	—
4799765010	КУН-90	84,5								90	0,05430	0,05790	0,92	121	—
	° КУН-80	75,0	+0,37 -1,60	2,5	-0,1	8,0	10	90±5°	0,25	80	0,0389	0,0417	0,93	107	—
	° КУН-48	44,5	+0,26 -1,3	1,7	-0,1	5,0	8	60±5°	0,17	48	0,00958	0,0103	0,93	45,7	—
	° КУН-52	47,8	+0,26 -1,3	2,0	-0,1	6,0	8	60±5°	0,17	52	0,01515	0,0159	0,93	59,4	—
	° КУН-42	38,5	+0,26 -1,3	1,7	-0,1	5,0	8	60±5°	0,17	42	0,00820	0,00891	0,9	39,9	—

Материал, ГОСТ, и дата вступления в силу, №-А 102.90

Материал, ГОСТ, и дата вступления в силу, №-А 102.90

1.	Испр. 2/2	Матр.	50897
2.	Испр. 2/2	Матр.	10.08.95

КУН-35...КУН-90

Лист 2

$$[P] = \frac{[\sigma] \cdot b \cdot a}{\left\{ \frac{6 \cdot R}{b} + 1 \right\}} = \frac{172 \cdot 8,5 \cdot 3}{\left\{ \frac{6 \cdot 46,5}{8,5} + 1 \right\}} = 129,67 \text{ кгс.}$$

8.2.2. Определение допустимого увеличения радиуса пружинного кольца

$$[f'] = \frac{3 \cdot \pi \cdot [P] \cdot R^3}{E \cdot a \cdot b^3} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 129,67 \cdot 46,5^3}{21000 \cdot 3 \cdot 8,5^3} = 3,17 \text{ мм}$$

или допускаемое увеличение диаметра кольца на 6,34 мм.

### 8.2.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По техническим требованиям чертежа кольцо должно одеваться на оправку Ø90 мм, а по расчету предельно допустимый диаметр оправки 84,5+6,34=90,84 мм, следовательно, данное кольцо будет работать без деформации.

## 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ РАЗМЕРОВ ПРУЖИН ПРИ НАВИВКЕ, ТЕРМООБРАБОТКЕ И 3-х КРАТНОМ НАГРУЖЕНИИ.

9.1. Упругие свойства пружинной проволоки после деформации при навивки винтовых пружин определяют изменение (увеличение) диаметра пружин.

9.2. Расчет оправки для навивки пружин производится по следующей эмпирической формуле.

$$D_{\text{опр}} = \frac{D_0}{k_1},$$

где  $k_1$  – коэффициент, определяемый в зависимости от временного сопротивления разрыву пружинной проволоки.

9.3. Значение коэффициента  $k_1$  приводятся в таблице 9.3.

Таблица 9.3.

Временное сопротивление разрыву пружинной проволоки, $R_m$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$k_1$	Временное сопротивление разрыву пружинной проволоки, $R_m$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$k_1$
100...150	1,05	225...250	1,16
150...175	1,10	250...275	1,18
175...200	1,12	275...300	1,20
200...225	1,14	свыше 300	1,22

9.4. В технических требованиях на пружины, термообрабатываемые на заданную твердость, как правило введен пункт по 3-х...5-ти кратному нагружению.

При этом пружины сжатия обжимают до соприкосновения витков или до рабочей высоты, пружины растяжения подвергают растяжению до рабочей длины, увеличенной на 5 %, пружины кручения деформируют на угловую деформацию, соответствующую рабочему моменту скручивания, увеличенного на 5 %.

Данные технологические операции приближают физические и механические свойства термообработанной пружинной проволоки к равновесному состоянию, препятствуют развитию пластических деформаций и повышают работоспособность и надежность при эксплуатации подобных пружин.

9.5. Степень остаточной деформации после 3-х...5-ти кратного нагружения пружин устанавливается опытным способом.

9.6. Изменение геометрических параметров пружин после термообработки зависит от многих факторов: механические свойства пружинной проволоки, режимы термообработки, индекса пружины, и др. Поэтому фактические размеры оправки, диаметра пружины, число витков проверяют опытной навивкой и термообработкой. При отклонениях от заданных параметров в технологический процесс вносятся изменения по размерам оправки и режимам термообработки.

## 10. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ НАВИВКИ ПРУЖИН.

10.1. Для холодной навивки винтовых пружин применяются специализированные пружинно-навивочные автоматы, токарные станки, пневматические или ручные приспособления.

10.2. Все существующие методы навивки винтовых пружин подразделяются на две схемы деформации:  
а) навивка на оправку по схеме «растяжение + изгиб»,  
б) навивка «безоправочная» на упорные штифты по схеме «сжатие + изгиб».

10.3. В единичном и мелкосерийном производстве целесообразна навивка на вращающуюся оправку на токарных станках или специальных приспособлениях. В серийном и массовом производстве широко применяются специализированные пружинно-навивочные автоматы.

- 10.4. На пружинно-навивочных автоматах «безопрямочной» навивки (схема «сжатие + изгиб») изготавливаются винтовые пружины сжатия и растяжения, цилиндрические, конические, бочкообразные с поджатыми и неподжатыми витками, с постоянным и переменным шагом.
- 10.5. Основные параметры и размеры пружинно-навивочных автоматов регламентированы ГОСТ 9224-89.
- 10.6. Технические параметры отечественных автоматов для холодной навивки пружин показаны в таблице 10.6.1., зарубежных 10.6.2.

Таблица 10.6.1

Технические параметры автоматов для холодной навивки пружин

Модель	Диаметр проволоки, мм.	Максимальный наружный диаметр пружины, мм	Наибольшая длина заготовки, мм	Наибольшая скорость подачи, м/мин.	Наибольшая производительность, шт/мин.	Завод-изготовитель
<b>Автоматы для пружин сжатия</b>						
<b>Кулисные автоматы</b>						
A5109	0,2...0,8	20	1000	-	300	Хмельницкий завод КПО
A5114	0,8...2,5	50	1600	-	185	
A 5116	1,6...4,0	50	2000	-	150	
ПНА-0	0,2...0,8	15	560	-	100	З-д «Красная Этна» г.Н.Новгород
ПНА-1	0,8...1,5	28	2030	-	100	
ПНА-2	1,5...3,0	60	1600	-	60	
ПНА-4	2,0...6,0	140	6000	-	50	
C151-00	1,0-3,0	60	1060	-	60	ОАО «ВЗТДиН» г. Волгоград
C136-00	3,0...6,0	100	1550	-	50	
C83-00	5,0...10,0	150	1500	-	50	

Муфтные автоматы						
A5209	0,2...0,8	20	8000	50	-	Хмельницкий завод КПО
A5214A	0,5...2,5	50	14 000	60	-	
A5216	1,6...4,0	70	20 000	60	-	
A5218	3,0...6,3	80	25 000	50	-	
A5220	6,3...10,0	125	30 000	40	-	Азовский з-д КПО
A5222	10,0...16,0	200	32 500	25	-	

Автоматы для пружин растяжения						
АПУ-2	0,5...1,3	16	-	-	65	Карбюраторный з-д г.С.-Петербург
Модель	Диаметр проволоки, мм.	Максимальный наружный диаметр пружины, мм	Наибольшая длина заготовки, мм	Наибольшая скорость подачи, м/мин.	Наибольшая производительность, шт/мин.	Завод-изготовитель
A5014	1,6...3,0	50	-	-	50	Хмельницкий завод КПО
A5114	0,8...2,0	40	-	-	150	
A5810	0,2...1,0	17	-	-	40	
ВНА-5	1,0...5,0	50	-	-	60	З-д «Красная Этна» г.Н.Новгород
АНФ-2,5	0,5...2,5	30	-	-	40	
A5816	1,5...4,0	120	-	-	40	Азовский з-д КПО

Таблица 10.6.2

## Технические параметры зарубежных автоматов для холодной навивки пружин

Модель	Диаметр проволоки, мм.	Наружный диаметр пружины, мм	Наибольшая длина подачи, мм	Наибольшая производительность, шт/мин.	Фирма-изготовитель
FM4	0,1...0,4	12	400	380	f. Wafios GmbH Германия
FM8	0,2...0,8	20	945	300	
FM15	0,3...1,5	30	1200	250	
FM30	0,8...3,0	50	2000	185	
FM50	1,0...5,0	80	2400	150	
FM75	2,0...7,5	100	4000	120	
Z01	0,5	5	1000	70	
Z02	0,5...1,3	16	1200	65	
Z04	1,0...3,6	30	10 000	60	
UFM8	0,2...0,8	20	3900	220	
UFM15	0,3...1,5	30	3600	180	
UFM22	0,5...2,2	40	6300	130	
UFM30	0,8...3,0	50	14 450	125	
UFM50	1,0...5,0	80	17 800	115	
UFM75	2,0...7,5	100	19 600	90	
UFM100	4,0...10,0	180	32 150	65	
UFM125	5,0...12,5	180	26 000	45	
UFM160	8,0...16,0	200	32 300	25	

ASF2/BSF2	0,5...1,8	16	980	-	K.Hack GmbH Германия
ASF3/BSF3	1,0...3,0	25	1800	-	
ASF4/BSF4	1,5...4,5	38	5000	-	
UFA0	0,1...0,8	10	3500	250	
UFA1	0,2...1,5	20	7000	250	
UFA2	0,4...2,5	40	8000	150	
UFA3	0,5...4,0	60	12 000	120	
UFA4/B	0,8...5,0	60	27 000	120	
UFA6	1,5...6,0	80	16 000	70	

Модель	Диаметр проволоки, мм.	Наружный диаметр пружины, мм	Наибольшая длина подачи, мм	Наибольшая производительность, шт/мин.	Фирма-изготовитель
UFA8	2,0...8,0	120	18 000	70	K.Hack GmbH Германия
UFA10/A	2,0...12,0	160	30 000	90	
Пружинно-испытательные машины					
SF201	Максимальное усилие 20 кгс				Probat GmbH Германия
SF202	Максимальное усилие 200 кгс				
TO14ЭЛ	Испытание пружин кручения				
UTC-100F	Максимальное усилие 10 000 кгс (для пружин горячей навивки)				UTC Testsysteme GmbH Германия

**11. ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ  
ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПОВЕРОЧНЫХ  
РАСЧЕТАХ ВИТЫХ ПРУЖИН.**

ОБОЗНАЧЕНИЕ НТД	НАИМЕНОВАНИЕ
ГОСТ 1071-81	Проволока стальная пружинная термически обработанная. Технические условия.
ГОСТ 1435-90	Сталь нелегированная инструментальная. Технические условия.
ГОСТ 16118-70	Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения. Технические условия.
ГОСТ 2590-81	Прокат стальной горячекатаный круглый. Сортамент.
ГОСТ 2771-81	Проволока круглая холоднотянутая. Сортамент.
ГОСТ 5222-72	Проволока из кремнемарганцевой бронзы. Технические условия.
ГОСТ 9224-89Е	Автоматы для холодной навивки пружин. Параметры. Нормы точности.
ГОСТ 9389-75	Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия.
ГОСТ 13764-86... ГОСТ 13769-86	Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения I класса из стали круглого сечения.
ГОСТ 13770-86... ГОСТ 13776-86	Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения II и III классов из стали круглого сечения.
ГОСТ 14959-79	Сталь рессорно-пружинная углеродистая и легированная. Технические условия.
ГОСТ 14963-78	Проволока стальная легированная пружинная. Технические условия.
ГОСТ 16118-70	Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения. Технические условия.
ОСТ 37.001.246-82	Неуказанные предельные отклонения размеров, допуски формы и расположения поверхностей.
ОСТ 37.101.168-89	Пружины винтовые цилиндрические. Условные обозначения, определения и формулы.
ОСТ 37.101.166-89	Пружины винтовые сжатия. Качество и допуски.

ОСТ 23.1.66-81	Пружины винтовые цилиндрические кручения из стали круглого сечения для тракторов и с/х машин.
ТУ 14-4-119-88	Проволока стальная углеродистая пружинная из стали марки 70.
ТУ 14-4-122-73	Проволока стальная высокоуглеродистая пружинная.
ТУ 14-4-1380-91	Проволока стальная легированная улучшенная из стали марки 70ХГФА-Ш. Технические условия.
ТУ 14-4-1400-86	Проволока пружинная из хромокремистой стали (Аналог ОТЕВА 70). Условные обозначения, определения, формулы.
ТУ 3.1002-77	Проволока пружинная коррозионнотойкая высокопрочная.
т. FIAT-BA3 9.01343	Цилиндрические винтовые пружины. Изображение.
т. FIAT-BA3 9.01344	Пружины сжатия спиральные цилиндрические. Технические условия на приемку.
т. FIAT-BA3 9.01345	Цилиндрические пружины растяжения. Изготовление холодной навивкой. Технические условия на приемку.
т. FIAT-BA3 9.01346	Витые пружины сжатия. Качество и допуски.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Пономарев С.Д., Андреева Л.Е. Расчет упругих элементов машин и приборов. М.: Машиностроение, 1980.-326 с., ил.-(Б-ка расчетчика).
2. Конструирование и расчет пружин. Труды АН СССР. Москва, 1981.
3. Курендаш Р.С. Конструирование пружин. М.: Машгиз, 1958.
4. Остроумов В.П., Карпунин В.А. Повышение динамической прочности пружин. – Урало-Сибирское отделение Машгиза, 1961.
5. Производство винтовых цилиндрических пружин. Остроумов В.П. М.: Машиностроение, 1970.-136 с.
6. Изготовление пружин методом холодной навивки. Технологические расчеты. Руководящий технический материал.-Горький.-КТИавтометиз 1996.-48 с.
7. Практическое руководство по проверке расчета пружин при изготовлении.-Горький, Завод “Красная Этна”, 1951.-36 с.
8. Радчик А.С., Буртовский .... Пружины и рессоры. ... Техника, 1973.