

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В.Плеханова
(технический университет)

Кафедра начертательной геометрии и графики

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методические указания по выполнению расчетно-графического задания
«Моделирование пружины сжатия в системе КОМПАС-3D»

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2010

УДК 622:744(075.83)

Инженерная графика: Методические указания по выполнению расчетно-графического задания «Моделирование пружины сжатия в системе КОМПАС-3D». Санкт-Петербургский государственный горный институт. – Сост.: П.Г. Талалай, Д.С. Левашов, С.В. Янкилевич, Э.Х. Муратбаев – СПб, 2010. – 32 с.

Методические указания содержат рекомендации и пояснения по выполнению и оформлению расчетно-графического задания «Моделирование пружины сжатия в системе КОМПАС-3D», выполняемого студентами на персональном компьютере в системе КОМПАС-3D по курсу «Основы компьютерной графики». Предназначены для студентов второго курса специальности НГ (130503).

Ил. 33, Табл. 4, Прил. 1, Библ.: 3 назв.

Научный редактор: доц. С.А. Игнатьев

© Санкт-Петербургский государственный
горный институт им. Г.В. Плеханова, 2010 г.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРУЖИНАХ

Пружиной, как известно, называют деталь машины или механизма, служащую для временного накопления энергии за счет упругой деформации под влиянием нагрузки. Пружины применяют для приведения в движение механизмов, поглощения энергии удара, для виброизоляции и т.д.

Пружины бывают винтовыми, плоскими, пластинчатыми, тарельчатыми и кольцевыми. По виду нагрузки различают пружины сжатия, растяжения, кручения и изгиба. Наиболее распространенным типом является винтовая цилиндрическая пружина сжатия (рис. 1).

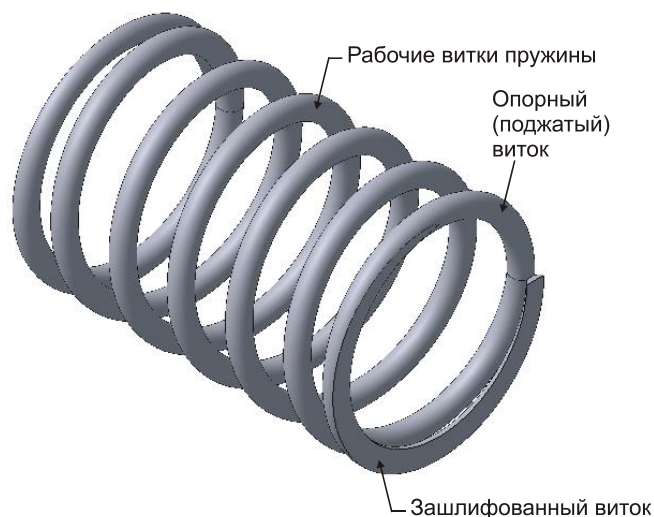


Рис. 1.

В зависимости от условий применения пружины сжатия ее крайние витки могут быть поджаты или не поджаты, зашлифованы или не зашлифованы (рис. 2, табл. 1). Поджатые зашлифованные опорные витки предохраняют пружину от перекосов и нежелательных выгибаний при восприятии осевой сжимающей нагрузки.

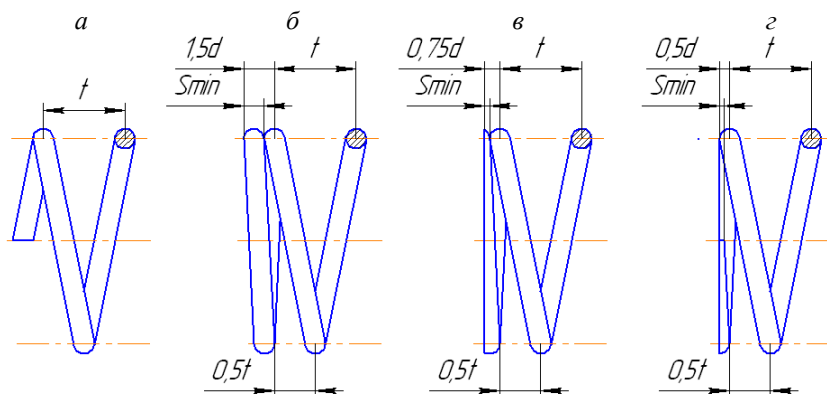


Рис. 2

По степени выносливости в циклах N пружины делятся на три класса (табл. 2). Пружины первого класса имеют лучшую выносливость, второго класса — промежуточную и третьего класса — худшую. В зависимости от осевой силы при максимальной деформации P_3 и по материалу, из которого они изготавливаются, пружины дополнительно делятся на три разряда.

Таблица 1

Параметры крайних витков пружин сжатия

Вид крайних витков	Рисунок	Минимальная ширина опорного витка S_{\min}	Число опорных витков n_2	Число зашлифованных витков n_3
Крайние витки не поджаты	2, а	–	0	0
Поджат целый нешлифованный виток	2, б	$S = d$	2	0
Поджат целый виток, зашлифовано 3/4 дуги окружности	2, в	$S = 0,25d$	2	1,5
Поджато 3/4 витка, зашлифовано 3/4 дуги окружности	2, г	$S = 0,25d$	1,5	1,5

Таблица 2

Классы и разряды пружин

Класс	N , не менее	Разряд	P_3 , Н	d , мм	Марка стали	Твердость HRC	τ_3 , кН/мм ²
I	5×10^6	1	1–850	0,2–5,0	по ГОСТ 1050-88 или ГОСТ 1435-99	–	$0,3\sigma_e$
		2	1–800				
		3	140–800	3–12	60С2А; 65С2ВА по ГОСТ 14959-79 50ХФА по ГОСТ 14959-79	46–52 44–50	0,56
II	1×10^5	1	1,5–1400	0,2–5,0	по ГОСТ 1050-88 или ГОСТ 1435-99	–	$0,5\sigma_e$
		2	1,25–1250				
		3	236×10^4	3–12	60С2А; 65С2ВА по ГОСТ 14959-79 65Г по ГОСТ 1050-88 50ХФА по ГОСТ 14959-79	46–52 44–50	96
III	2×10^3	2	315– $1,4 \times 10^4$	3–12	60С2А; 65С2ВА по ГОСТ 14959-79	53–57	135

Примечания:

1. Стальная углеродистая холоднотянутая проволока, применяемая для навивки пружин первого и второго разрядов, классов I и 2, не подвергается закалке.

2. Временное сопротивление при растяжении σ_b определяется в зависимости от диаметра проволоки d и ее класса по ГОСТ 9389-75.

Для каждого разряда пружин стандартизованы следующие диапазоны параметров:

- диаметр проволоки d , мм;
- марка стали;
- твердость после термообработки HRC;
- максимальное касательное напряжение при кручении τ_3 , кН/мм².

Значения относительного инерционного зазора δ для пружин сжатия I-го и II-го классов — 0,05–0,25; для пружин III-го класса — 0,1–0,4.

Пружина является типовой деталью, часто применяемой в различных узлах и механизмах. Все пружины сходны по своей топологии и обладают одинаковым набором параметров. Одна пружина отличается от другой лишь значениями этих параметров.

Следует отметить, что возможности системы КОМПАС-3D отнюдь не ограничиваются простым использованием библиотек и вводом в чертеж параметризованных стандартизованных элементов, имеющихся в системе. Пользователь может создавать свои собственные библиотеки эскизов и типовых деталей. Поэтому в дальнейшем изложении рассмотрим три варианта моделирования винтовой цилиндрической пружины сжатия:

1. создание модели пружины с переменными, в которой, присваивая основным параметрам значения, пользователь может соответственно изменять размеры пружины, не прибегая к прямому редактированию этих объектов;
2. создание собственной библиотеки пользователя «Пружины сжатия»;
3. использование встроенной в систему библиотеки пружин КОМПАС-SPRING.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИНТОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРУЖИНЫ СЖАТИЯ С ПЕРЕМЕННЫМИ

В системе КОМПАС-3D каждому параметру автоматически присваивается *переменная* [3]. Таким образом, можно построить одну параметрическую модель, задать определенный набор переменных и при необходимости построения другой подобной модели задавать различные комбинации значений параметров.

Это свойство особенно важно при выполнении трехмерной сборки, в которую необходимо вставить пружину с предварительной (или рабочей) деформацией. Имея модель недеформированной пружины и назначив в ней соответствующие переменные, можно ввести новые значения этих переменных, и модель будет готова для использования в сборке.

В этом примере выполним расчет и моделирование винтовой цилиндрической пружины сжатия с переменными, что будет особенно полезно пользователям системы КОМПАС-3D, в которой не предусмотрена возможность пользования библиотеками, например, пользователям облегченной версии КОМПАС-3D LT.

Сначала выберем размеры пружины со следующими характеристиками:

- осевая сила пружины при предварительной деформации $P_1 = 35$ Н;
- осевая сила при рабочей деформации $P_2 = 135$ Н;
- рабочий ход $h = 30$ мм;
- предел значений наружного диаметра пружины в соответствии с ее конструктивным применением $D = 15 \dots 35$ мм.

1. Отнесем все пружины к I-му классу, 2 разряду (см. табл. 2). Значение относительного инерционного зазора δ для пружин сжатия I-го класса равно 0,05-0,25.

2. Подставляя граничные значения относительного инерционного зазора δ (0,05...0,25), находим интервал значений силы при максимальной деформации P_3 :

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta_{\min}} \div \frac{P_2}{1 - \delta_{\max}} = (142 \div 180) \text{ Н.} \quad (1)$$

3. Для дальнейшего расчета необходимы стандартизованные данные (ГОСТ 13766-86, ГОСТ 13767-86, ГОСТ 13770-86 и т.д.), в которых определены параметры пружин различных классов и разрядов [1]. Из таблицы соответствующего стандарта отыскивают пружину (одну или несколько), которая имеет значение силы при максимальной деформации P_3 в пределах вычисленного интервала. В стандартизованных данных для пружин сжатия I-го класса, разряда 2 (ГОСТ 13767-86, см. Приложение) в вычисленном интервале осевой силы P_3 имеются витки со следующими значениями силы при максимальной деформации: 150, 160, 170 и 180 Н. Исходя из заданного предела значений наружного диаметра пружины D , останавливаемся на витке со следующими параметрами (номер пружины 406):

- сила при максимальной деформации $P_3 = 170$ Н;
- диаметр проволоки $d = 3$ мм;
- наружный диаметр пружины $D = 28$ мм;
- жесткость одного витка $z_1 = 50,8$ Н/мм;
- наибольший прогиб одного витка $f_3 = 3,346$ мм.

4. Для лучшей устойчивости пружины выбираем следующий вид крайних витков: поджат целый виток, зашлифовано 3/4 дуги окружности (см. рис. 2, в). Для такой пружины (см. табл. 1):

- общее число опорных витков $n_2 = 2$;

- число зашлифованных витков $n_3 = 1,5$.

5. Определяем характеристики пружины, необходимые для ее проектирования и изготовления:

- жесткость пружины

$$z = \frac{P_2 - P_1}{h} = \frac{135 - 35}{30} = 3,33 \text{ Н/мм}; \quad (2)$$

- число рабочих витков

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{50,8}{3,33} = 15,26; \quad (3)$$

- полное число витков

$$n_1 = n + n_2 = 15,26 + 2 = 17,26; \quad (4)$$

- предварительная деформация

$$F_1 = \frac{P_1}{z} = \frac{35}{3,33} = 10,51 \text{ мм}; \quad (5)$$

- рабочая деформация

$$F_2 = \frac{P_2}{z} = \frac{135}{3,33} = 40,54 \text{ мм}; \quad (6)$$

- максимальная деформация

$$F_3 = \frac{P_3}{z} = \frac{170}{3,33} = 51,05 \text{ мм}; \quad (7)$$

- высота пружины при максимальной деформации

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3)d = (17,26 + 1 - 1,5)3 = 50,28 \text{ мм}; \quad (8)$$

- высота пружины в свободном состоянии

$$H_0 = H_3 + F_3 = 50,28 + 51,05 = 101,33 \text{ мм}. \quad (9)$$

Длину пружины сжатия рекомендуется принимать $H_0 \leq 5(D - d)$. При этом, если длина пружины лежит в интервале $(D - d) \leq H_0 \leq 5(D - d)$, то пружина должна работать на направляющем стержне или в направляющей гильзе. Если расчетное значение $H_0 > 5(D - d)$, то следует подобрать виток с другими параметрами. Сравниваем расчетное значение длины пружины с максимально допустимым:

$$H_0 \leq 5(D - d) = 5(28 - 3) = 125 \text{ мм}, \quad (10)$$

следовательно, длина пружины является приемлемой.

Продолжаем расчет пружины:

- высота пружины при предварительной деформации

$$H_1 = H_0 - F_1 = 101,33 - 10,51 = 90,82 \text{ мм}; \quad (11)$$

- высота пружины при рабочей деформации

$$H_2 = H_0 - F_2 = 101,33 - 40,54 = 60,79 \text{ мм}; \quad (12)$$

- шаг пружины

$$t = f_3 + d = 3,346 + 3 \approx 6,3 \text{ мм}; \quad (13)$$

- средний диаметр пружины

$$D_0 = D - d = 24 - 3 = 21 \text{ мм}. \quad (14)$$

Скорректируем значения n и n_1 :

$$n = \frac{H_0 - d(n_2 - n_3 + 1)}{t} = \frac{101,33 - 3(2 - 1,5 + 1)}{6,3} = 15,37; \quad (15)$$

$$n_1 = n + 2 \approx 17,4. \quad (16)$$

Определим длину развернутой пружины:

$$L \approx 3,2D_0n_1 = 3,2 \times 21 \times 17,4 \approx 1169 \text{ мм}. \quad (17)$$

6. При построении модели винтовой цилиндрической пружины "вручную" используется операция **Кинематический элемент**. Эскизом-сечением кинематического элемента является окружность, диаметр которой равен диаметру проволоки пружины d , а эскизом-траекторией — цилиндрическая спираль, шаг которой равен шагу пружины t , а диаметр — среднему диаметру пружины D_0 . Начало эскиза-траектории должно лежать в плоскости эскиза-сечения. Если траектория пружины состоит из нескольких эскизов, то их контуры должны соединяться друг с другом последовательно (начальная точка одного совпадает с конечной точкой другого). Начнем моделирование с создания эскиза-траектории, который должен состоять из трех состыкованных цилиндрических спиралей — основной рабочей части и двух опорных (поджатых с каждой стороны) витков.

7. Создайте документ типа **Деталь** и сохраните его. Установите ориентацию Изометрия XYZ.

8. В Дереве модели выделите профильную Плоскость ZY. Выберите команду **Спираль цилиндрическая** на странице **Пространственные кривые**. Ось спирали будет перпендикулярна профильной **Плоскости ZY** и по умолчанию проходить через начало системы координат этой плоскости. Точкой привязки спирали считается точка пересечения оси и опорной плоскости. На Панели свойств во вкладке **Построение** установите следующие параметры спирали:

- способ построения — **По числу витков и шагу n,t** (установлен по умолчанию);
- **Число** витков — 15,37 (значение n);
- **Шаг** — 6,3 мм (значение t).

Убедитесь, что переключатель направления построения включен на **Прямом направлении**, а переключатель направления навивки — на **Правом направлении**.

Во вкладке **Диаметр** проконтролируйте, чтобы переключатель способа задания диаметра стоял на положении **По размеру** и установите в поле **Диаметр 1** — 21 мм (значение D_0).

Фантом цилиндрической спирали с заданными параметрами отображается в окне документа. После задания всех параметров нажмите кнопку **Создать объект**. В Дереве модели появится строка **Спираль цилиндрическая:1** (рис. 3).

9. Вычертите первый опорный виток. В Дереве модели выделите профильную Плоскость ZY. Снова выберите команду **Спираль цилиндрическая**. На Панели свойств во вкладке **Построение** убедитесь, что выбран способ построения **По числу витков и шагу n,t**, и установите следующие параметры спирали:

- **Число витков** — 1 (значение $n_2/2$);

- **Шаг** — 3 мм (поджат целый виток, следовательно, значение шага равно диаметру проволоки d).

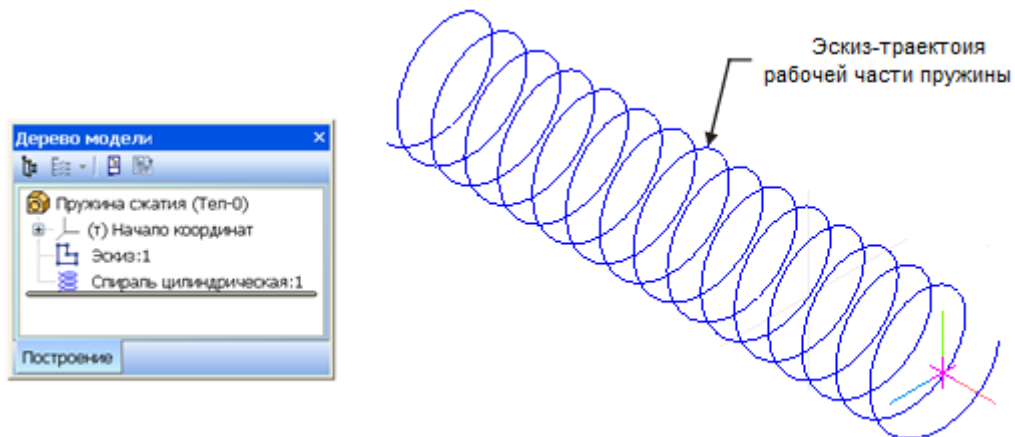


Рис. 3

Переключатель направления построения включите на **Обратное направление**, а переключатель направления навивки — по-прежнему на **Правом** направлении.

Во вкладке **Диаметр** проконтролируйте, чтобы переключатель способа задания диаметра стоял на положении **По размеру** и установите в поле **Диаметр 1** — 21 мм (значение D_0).

После задания всех параметров спирали нажмите кнопку **Создать объект** на Панели свойств. На экране добавится спираль для эскиза-траектории первого опорного витка, а в Дереве модели появится строка **Спираль цилиндрическая:2** (рис. 4).

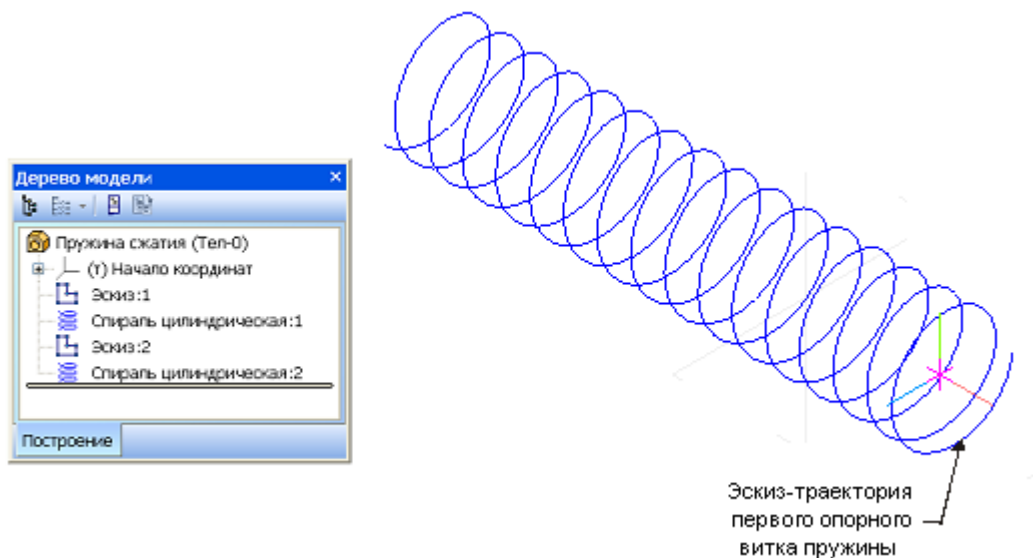


Рис. 4

10. Выделите в Дереве построения **Плоскость ZY**. Активизируйте команду **Смещенная плоскость** на странице **Вспомогательная геометрия**. На появившейся Панели свойств во вкладке **Параметры** задайте в окне **Расстояние** 15,37*6,3 мм (значение $n \times t$) и убедитесь, что переключатель **Направление смещения** включен на **Прямом направлении**. Плоскость с заданными параметрами отображается на экране в виде фантома. Нажмите на кнопку **Создать объект**. В Дереве построений появится новый элемент **Смещенная плоскость:1**, а в окне документа — изображение новой плоскости в виде прямоугольника (рис. 5).

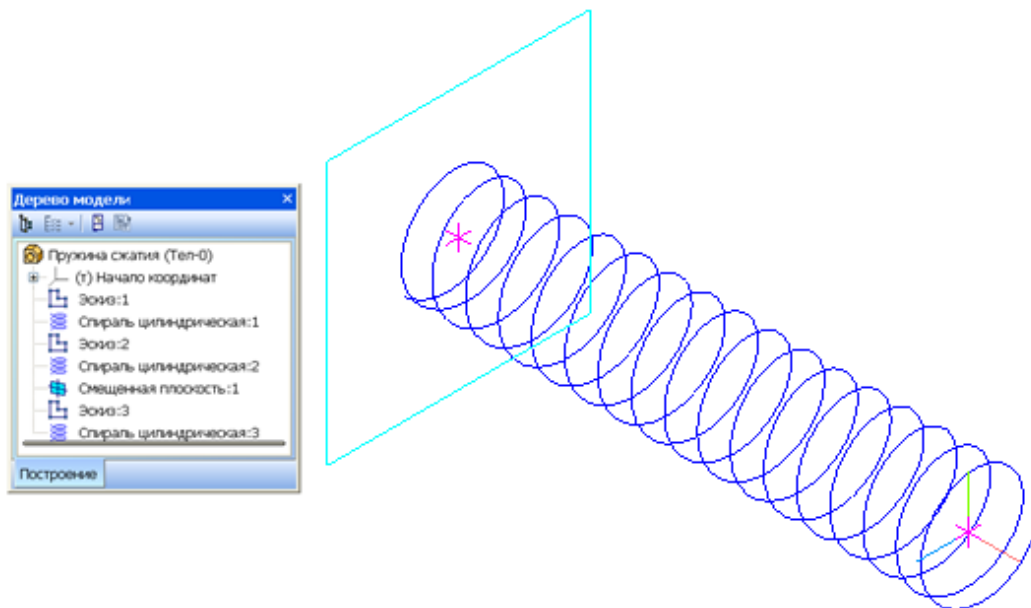


Рис. 5

11. Проследите, чтобы **Смещенная плоскость:1** была выделена, и вызовите снова команду **Спираль цилиндрическая**. На Панели свойств во вкладке **Построение** установите следующие параметры спирали (способ построения **По числу витков и шагу n,t**):

- **Число** витков — 1 (значение $n_2/2$);
- **Шаг** — 3 мм (поджат целый виток, следовательно, значение шага равно диаметру проволоки d).

Переключатель направления построения включите на **Прямое направление**, а переключатель направления навивки — на **Правое** направление. Чтобы начало спирали опорного витка совпадало с окончанием спирали рабочей части пружины, в окне **Угол** установите $0,37*360^\circ$ ($0,37$ — десятичная часть числа витков n).

Во вкладке **Диаметр** проконтролируйте, чтобы переключатель способа задания диаметра стоял на положении **По размеру** и установите в поле **Диаметр 1** — 21 мм (значение D_0).

После задания всех параметров спирали нажмите кнопку **Создать объект**. Система отрисует еще одну спираль, и в Дереве модели появится строка **Спираль цилиндрическая:3** (см. рис. 5)

12. В горизонтальной Плоскости **ZX** создайте эскиз-сечение кинематической операции — окружность диаметром, равным диаметру проволоки пружины. Выделите горизонтальную Плоскость **ZX** в Дереве построения и щелкните на команде **Эскиз** на Панели текущего состояния. Для того чтобы центр окружности "привязался" к началу спирали целесообразно в этом месте сначала создать вспомогательную точку. Активизируйте команду **Спроецировать объект (Операции | Спроецировать объект)** и поймите курсором конец спирали. Когда он будет подсвечен "звездочкой" — условным изображением вершины, щелкните левой кнопкой мыши. Указанная вершина спроецируется в **Плоскость ZX** в виде вспомогательной точки (рис. 6).

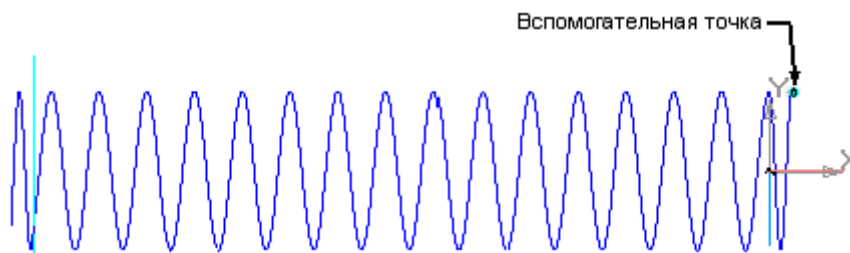


Рис. 6

Теперь легко вычертить окружность с центром в начале спирали диаметром 3 мм, равном диаметру проволоки пружины d (рис. 7). Закройте эскиз.

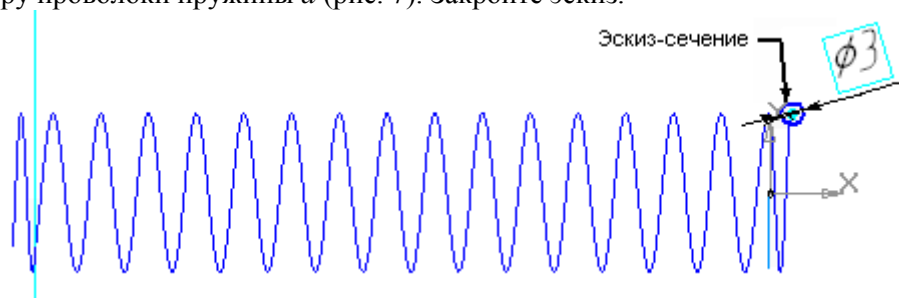


Рис. 7

13. Проследите, чтобы последний **Эскиз:4** был выделен в Дереве модели, и вызовите команду **Кинематическая операция**. На Панели свойств в поле **Сечение** должен быть заявлен **Эскиз:4**. Последовательно укажите в Дереве модели (или прямо в окне документа) **Спираль цилиндрическая:2**, **Спираль цилиндрическая:1**, **Спираль цилиндрическая:3**. В поле **Движение сечения** щелкните на кнопку **Ортогонально траектории**. Во вкладке **Тонкая стенка** проследите, чтобы в окне **Тип построения тонкой стенки** было выбрано **Нет**. Нажмите на клавишу **Создать объект**, и система построит модель пружины (рис. 8).

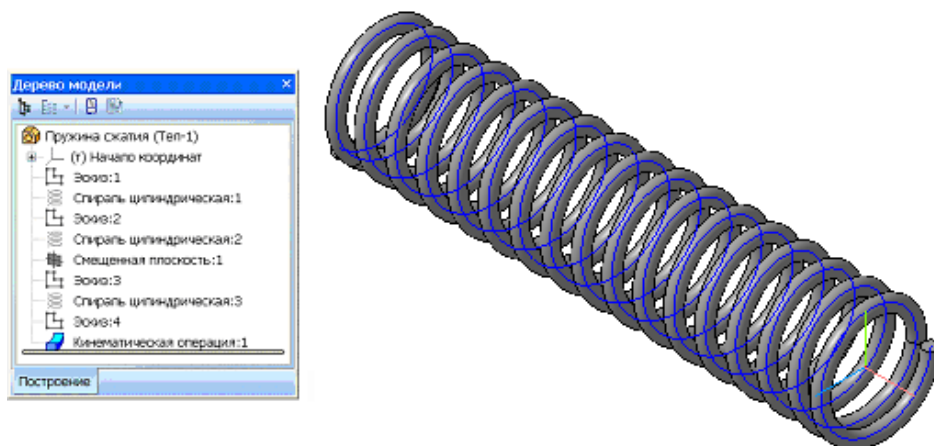


Рис. 8

14. Покажите шлифование на торцах пружины. Для этого создайте еще две Смещенные плоскости. Первую плоскость надо задать относительно фронтальной Плоскости ZY на расстоянии 2,25 мм (т. е. расстоянии, равном $0,75d$) в **Обратном направлении**. Еще одну **Смещенную плоскость** задайте относительно **Смещенной плоскости:1** также на расстоянии 2,25 мм в **Прямом направлении**. Фантомы этих плоскостей появятся на экране в виде прямоугольников, а их названия **Смещенная плоскость:2** и **Смещенная плоскость:3** — в Дереве модели (рис. 9).

15. Нажмите на кнопку **Сечение поверхностью**, и в Дереве модели (или в окне документа) укажите на **Смещенную плоскость:2**. На Панели свойств в окне **Направление сечения** установите **Прямое направление** (стрелка, появившаяся на экране, помогает правильно выбрать направление отсечения). Нажмите на кнопку **Создать объект**, и 3/4 дуги окружности поджатого витка окажется зашлифовано.

Еще раз вызовите команду **Сечение поверхностью** и повторите построения, выбрав в качестве поверхности сечения **Смещенную плоскость:3**, задав при этом **Обратное направление** отсечения. Для наглядного восприятия модели можно временно удалить с экрана вспомогательные построения (рис. 10).

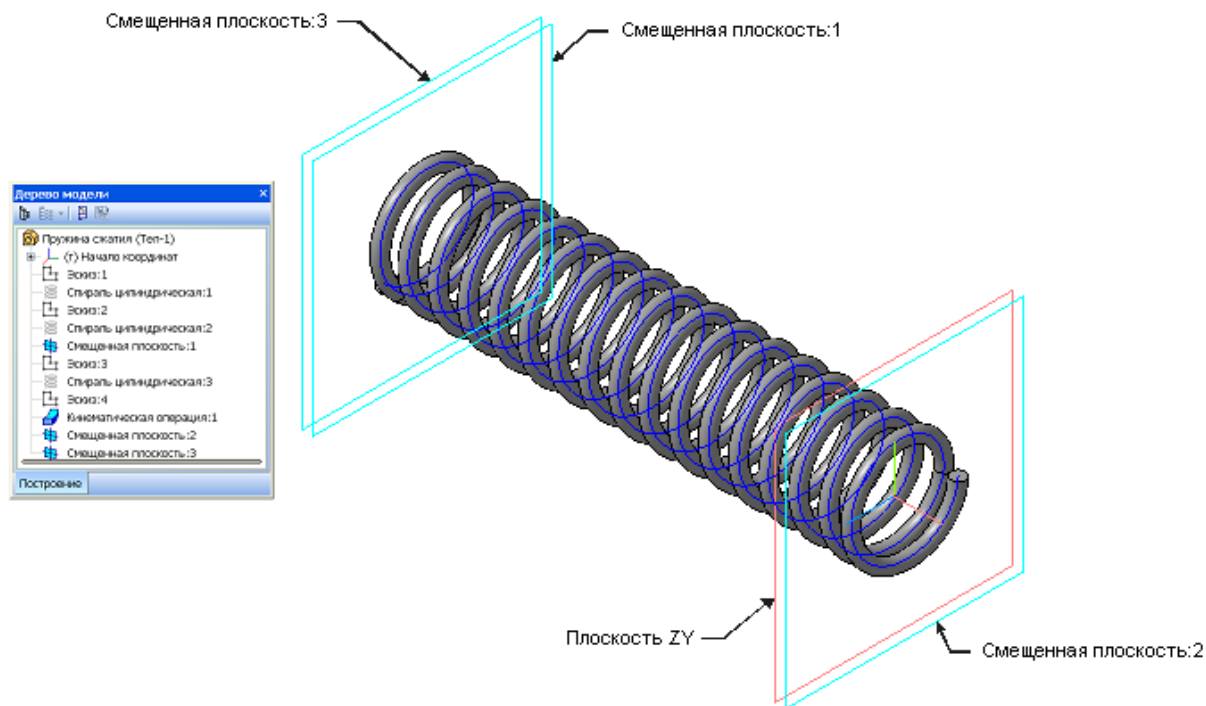


Рис. 9

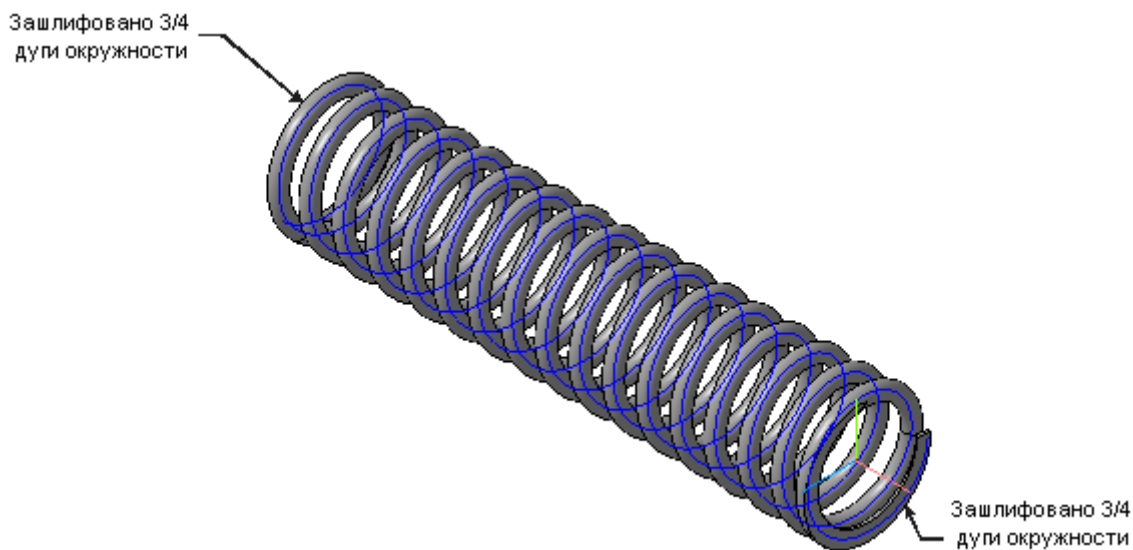


Рис. 10

16. Щелкните правой кнопкой мыши на свободном месте Окна документа. Из появившегося меню выберите команду **Свойства детали**. На Панели свойств во вкладке Свойства введите **Обозначение** и **Наименование**. Чтобы система автоматически вычислила массу пружины, во вкладке Параметры МЦХ в окне **Материал** предварительно выберите сортамент проволоки и марку стали для изготовления пружины. Например, стальная углеродистая холоднотянутая проволока, применяемая для изготовления пружин, не подвергаемых закалке, I класса, нормальной точности, диаметром 3 мм обозначается как

Проволока Б-2А-П-3,00 ГОСТ 9389-75.

В завершении нажмите кнопку **Создать объект**.

17. Создав трехмерную модель пружины достаточно легко построить ее ассоциативный рабочий чертеж, которому автоматически присваиваются атрибуты (название, материал, обозначение и др.), установленные в свойствах модели. На рабочих чертежах (ГОСТ 2.401-68) пружины располагают горизонтально с правым направлением навивки (рис. 11). Действительное направление навивки (правое или левое) должно быть указано в технических требованиях [2].

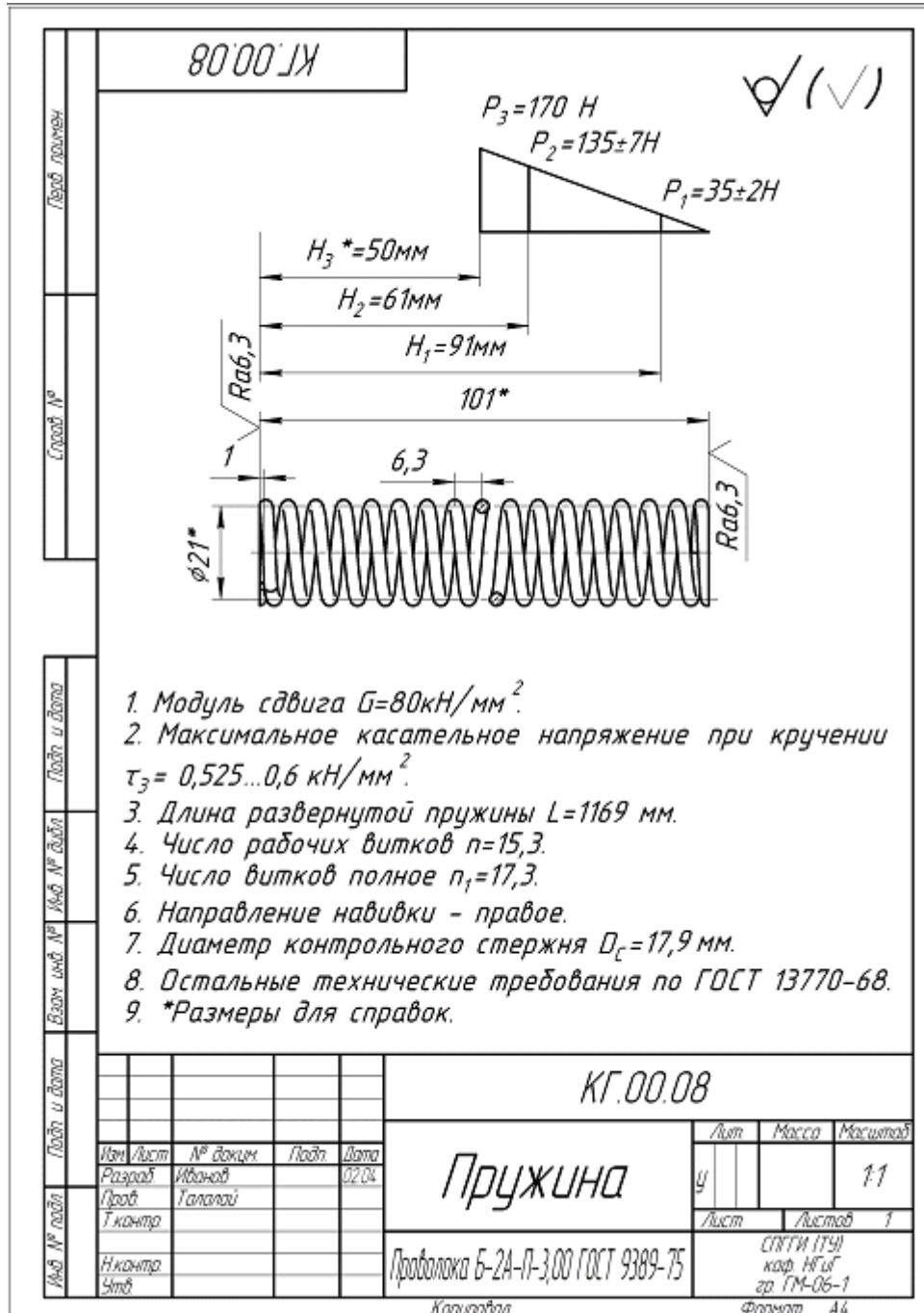


Рис. 11

18. На чертеж помещают диаграмму испытаний, на которой показывают зависимость нагрузки P_1 и P_2 от деформации. Осевую силу при максимальной деформации P_3 показывают как справочный размер. На диаграмме также отмечают высоту пружины.

- H_1 — **высота** пружины при предварительной деформации, мм;
- H_2 — **высота пружины** при рабочей деформации, мм;
- H_3 — **высота пружины** при максимальной деформации, мм (как справочный размер).

Если у пружины контролируют две нагрузки P_1 и P_2 , то общую длину H_0 указывают как справочный размер. Так же, как справочный размер, указывают и наружный диаметр пружины D , если в технических требованиях указано одно из требований контроля по стержню или гильзе (D_c или D_2). На чертеже проставляют шаг пружины t и параметры поджатых витков, если они имеются. Размер диаметра проволоки и его предельные отклонения не ставят (он очевиден из данных на сортамент, указанный в графе "Материал" основной надписи чертежа).

19. В основных технических требованиях рабочего чертежа приводят значения модуля сдвига, максимального касательного напряжения и другие параметры пружины, имея в виду следующие соображения:

- Для **пружинной** стали модуль сдвига G равен 80 кН/мм^2 .
- Если **пружина** после навивки подвергается термообработке, то указывается ее твердость (например: <Твердость **HRC 44...50**>). Стальная углеродистая холодотянутая проволока, применяемая для навивки пружины I-го класса, 2 разряда, не подвергается закалке. Следовательно, в нашем случае требования по твердости не вводятся.
- **Максимальное** касательное напряжение при кручении τ_3 определяется по данным табл. 2. Для пружины I-го класса, 2 разряда

$$\tau_3 = 0,3\sigma_s.$$

По ГОСТ 9389-75 для проволоки I-го класса диаметром 3 мм временное сопротивление при растяжении σ_s составляет $1,75\text{-}2,0 \text{ кН/мм}^2$, согласно табл. 3.

Таблица 3

Временное сопротивление σ_s для пружин I класса в зависимости от диаметра проволоки d

d , мм	σ_s , кН/мм ²	d , мм	σ_s , кН/мм ²	d , мм	σ_s , кН/мм ²
0,2	2,75÷3,1	0,8	2,6÷2,95	2,3	1,95÷2,2
0,22	2,75÷3,1	0,9	2,55÷2,85	2,5	1,85÷2,1
0,25	2,75÷3,1	1	2,5÷2,8	2,8	1,8÷2,05
0,28	2,75÷3,1	1,1	2,45÷2,75	3	1,75÷2
0,3	2,75÷3,1	1,2	2,4÷2,7	3,2	1,75÷2
0,32	2,7÷3,05	1,3	2,35÷2,65	3,5	1,7÷1,95
0,36	2,7÷3,05	1,4	2,3÷2,6	3,6	1,7÷1,95
0,4	2,65÷3	1,5	2,25÷2,55	4	1,65÷1,9
0,45	2,65÷3	1,6	2,2÷2,5	4,2	1,6÷1,85
0,5	2,65÷3	1,7	2,1÷2,4	4,5	1,55÷1,8
0,56	2,65÷3	1,8	2,1÷2,4	5	1,5÷1,75
0,6	2,65÷3	1,9	2,05÷2,35	5,6	1,45÷1,7
0,63	2,6÷2,95	2	2,05÷2,3	6	1,45÷1,7
0,7	2,6÷2,95	2,1	2÷2,25		

Тогда, $\tau_3 = 0,525\text{-}0,6 \text{ кН/мм}^2$.

- Значения длины развернутой пружины L , рабочее и полное число витков n и n_1 рассчитаны на предварительном этапе проектирования.
- Диаметр контрольного стержня D_c или диаметр контрольной гильзы D_2 можно определить по следующим формулам:

$$D_c = D - 2d - \Delta, \quad (18)$$

$$D_2 = D + \Delta. \quad (19)$$

где Δ — относительное отклонение соответственно внутреннего или наружного диаметра пружины, мм.

Пусть $\Delta = 0,1$ мм, тогда $D_c = 17,9$ мм.

• Остальные технические требования для пружин сжатия и растяжения определяются по следующим стандартам:

- I класса, разряда 1 по ГОСТ 13766-86;
- I класса, разряда 2 по ГОСТ 13767-86;
- I класса, разряда 3 по ГОСТ 13768-86;
- II класса, разряда 1 по ГОСТ 13770-86;
- II класса, разряда 2 по ГОСТ 13771-86;
- II класса, разряда 3 по ГОСТ 13772-86;
- III класса, разряда 2 по ГОСТ 13775-86.

20. Обозначьте на чертеже шероховатость шлифованных торцов пружины с параметром, например, $Ra\ 6,3$. В верхнем правом углу поместите знак шероховатости детали, указывающий на то, что пружина изготавливается из проволоки, наружная поверхность которой не подлежит дополнительной обработке по данному чертежу. В скобках рядом с ним нанесите знак шероховатости без обозначения класса чистоты — сам класс устанавливается на соответствующих поверхностях пружины.

21. Сохраните и закройте рабочий чертеж пружины. Откройте ее модель и добавьте возможности Переменных так, чтобы при изменении значений основных параметров изменялась и модель пружины. Первоначальный перечень параметров модели формируется автоматически. Чтобы вызвать список созданных системой переменных нажмите на кнопку **Переменные** на Стандартной панели (рис. 12).

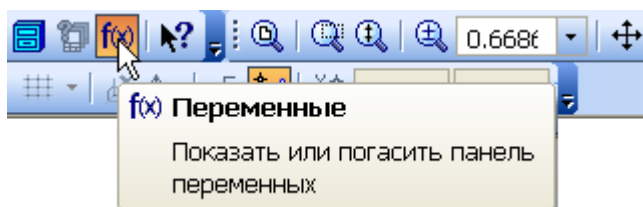


Рис. 12

22. В левой части Окна документа появится табличный список **Переменные**. Список переменных показывается в виде таблицы, структура которого совпадает с Деревом модели (рис. 13). На первом уровне списка расположена сама модель, на следующих — составляющие ее объекты с учетом иерархии и последовательности создания. Чтобы раскрыть список переменных, щелкните по значку «+», расположенному рядом с названием объекта. Таблица состоит из пяти колонок:

- **Имя,**
- **Выражение,**
- **Значение,**
- **Параметр,**
- **Комментарий.**

Имена переменных, присваиваемые системой автоматически, формируются по шаблону vN , где N — порядковый номер переменной. Для наложения дополнительных связей пользователь может создать собственный набор переменных, например, при вводе алгебраических выражений, связывающих один параметр с другими.

23. Раскройте пункт **Спираль цилиндрическая:1** и в графе **Выражения** присвойте изменяемым параметрам собственный набор переменных (рис. 14):

- **Шаг** — t ;
- **Число витков** — n ;
- **Диаметр D1** — $D0$.

Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий
Деталь (Тел-1)				
(т) Начало координат				
Эскиз:1				
Спираль цилиндрическая:1				
Эскиз:2				
Спираль цилиндрическая:2				
Смещенная плоскость:1				
Эскиз:3				
Спираль цилиндрическая:3				
Эскиз:4				
Кинематическая операция:1				
Смещенная плоскость:2				
Смещенная плоскость:3				
Сечение поверхностью:1				
Сечение поверхностью:2				

Рис. 13

Имя может содержать латинские буквы (прописные или строчные), цифры и нижнюю черту. Как только параметру присвоено новое имя, оно становится переменной модели. Эти переменные отражаются на самом верхнем уровне списка — на уровне модели в целом. В дальнейшем эти имена (также как и имена, присвоенные системой автоматически) могут участвовать в уравнениях. Для дальнейшего удобного пользования моделью, содержащей переменные, введите пояснения в соответствующую графу **Комментарий**.

Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий
Деталь (Тел-1)				
t	6.30	6.30		Шаг пружины
n	15.370	15.370		Число рабочих витков
D0	21.0	21.0		Средний диаметр пружины
(т) Начало координат				
Эскиз:1				
Спираль цилиндрическая:1				
v22		0.0	Исключить из расчета	
v25		1.0	Направление навивки	
v24	t	6.30	Шаг	
v23	n	15.370	Число витков	
v12		1.0	Направление построения	
v16	D0	21.0	Диаметр 1	
v20		0.0	Угол	

Рис. 14

24. Одно и то же имя может быть присвоено различным параметрам, и для того, чтобы просмотреть элементы, в которых используется выделенная в списке переменная модели, нажмите кнопку **Использование переменной** на инструментальной панели окна работы с переменными (рис. 15).

25. Раскройте пункт **Спираль цилиндрическая:2** и присвойте новые имена двум параметрам (рис. 16):

- Шаг — d;
- Диаметр D1 — D0.

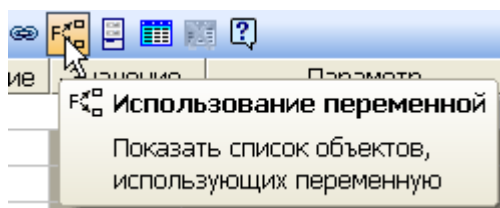


Рис. 15

Спираль цилиндрическая:2			
v40		0.0	Исключить из расчета
v43		1.0	Направление навивки
v42	d	3.0	Шаг
v41		1.0	Число витков
v30		0.0	Направление построения
v34	D0	21.0	Диаметр 1
v38		0.0	Угол

Рис. 16

26. Раскройте пункт **Смещенная плоскость:1** и наложите на параметр **Расстояние** ограничение в виде алгебраического уравнения. Активизируйте двойным щелчком мыши соответствующую ячейку колонки **Выражения** и введите $n*t$ (рис. 17). Для ввода уравнений и неравенств используется общепринятый синтаксис математических выражений. Для ввода математических функций и констант используются кнопки **Вставить функцию** и **Вставить константу** на инструментальной панели. Кроме обычных алгебраических выражений система позволяет выполнять и логические операции.

Смещенная плоскость:1			
v46		0.0	Исключить из расчета
v47	$n*t$	96.8310	Расстояние

Рис. 17

27. Далее последовательно раскройте операции и эскизы с созданными системой переменными и присвойте изменяемым параметрам новые имена или выражения:

- В пункте **Спираль цилиндрическая:3** в графе **Выражения** введите:
 - **Шаг** — d ;
 - **Диаметр D1** — $D0$;
 - **Угол** — $(n - \text{FLOOR}(n))*360^1$.
- В **Эскизе:4** (эскизе-сечении кинематической операции) установите псевдоним d для диаметра окружности.
- В **Смещенной плоскости:2** и в **Смещенной плоскости:3** в поле **Расстояние** введите $0.75*d$.

28. Для того, чтобы эти переменные стали доступны для редактирования в сборке, содержащей модель пружины, присвойте переменной детали статус "внешняя". Вызовите из контекстного меню этой переменной команду **Внешняя** (рис. 18). Ячейка таблицы с именем внешней переменной будет выделена синим цветом.

¹ Для ввода функции "Округление до меньшего целого числа" — **FLOOR()** воспользуйтесь диалоговым окном **Выбор функции**, которое вызывается кнопкой **Вставить функцию** на инструментальной панели таблицы **Переменные**

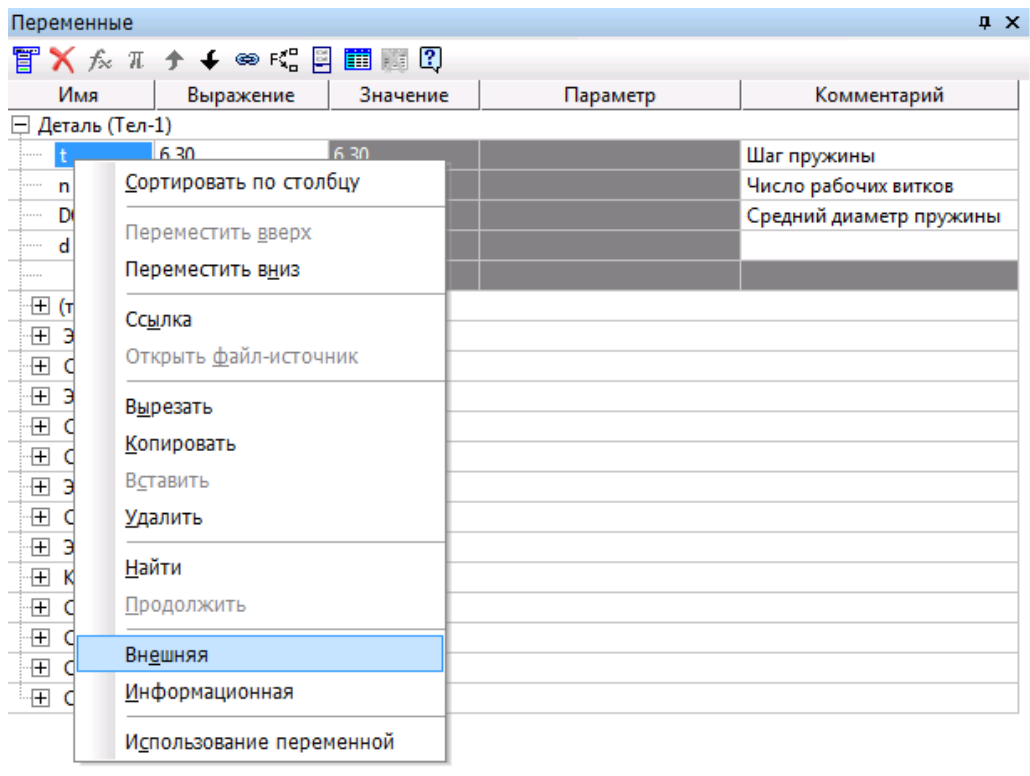


Рис. 18

29. Для изменения значения переменной нужно дважды щелкнуть в ячейке **Выражение** на верхнем уровне таблицы **Переменных**, ввести новое значение переменной и нажать клавишу <Enter>. Новое значение изменяемой переменной появится в столбце **Значение**. После ввода новых значений переменных, пиктограмма элемента в Дереве модели отмечается красной «галочкой». Это означает, что параметры объекта изменены, но изменения не переданы в модель. Чтобы перестроить модель, нажмите кнопку **Перестроить** на панели **Вид**.

3. СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ «ПРУЖИНЫ СЖАТИЯ»

Для упрощения и ускорения проектирования трехмерных сборок, содержащих типовые детали (например, пружины) удобно применять параметрические библиотеки моделей. Библиотека моделей представляет собой отдельный файл с расширением I3d. Модели библиотеки не являются отдельными файлами на диске, а входят составными частями в единый файл библиотеки. Чтобы создать новую библиотеку Пружины, выполните следующие действия.

1. Активизируйте **Менеджер библиотек** и в левой части диалогового окна раскройте раздел, в котором должна располагаться библиотека пружин, например, раздел **Машиностроение**. Правой кнопкой мыши вызовите контекстное меню и выберите команду **Создать раздел** (рис. 19).

2. В появившемся окне **Свойства раздела** введите его имя, например, Пружины для КОМПАС-3D и нажмите **ОК** (рис. 20). Имена разделов библиотеки могут состоять из любых символов.

3. Раскройте созданный раздел и правой кнопкой мыши вызовите контекстное меню. Выберите команду **Добавить описание | библиотеки документов** (рис. 21). На экране появится диалог открытия файлов.

4. На жестком диске выберите папку для размещения библиотеки, в поле **Имя файла** наберите имя файла новой библиотеки, например, Springs (рис. 22). В списке **Тип файлов** выберите строку **КОМПАС-библиотеки моделей (*.I3d)**, и нажмите кнопку **Открыть** диалога. В ответ на запрос системы подтвердите создание новой библиотеки.

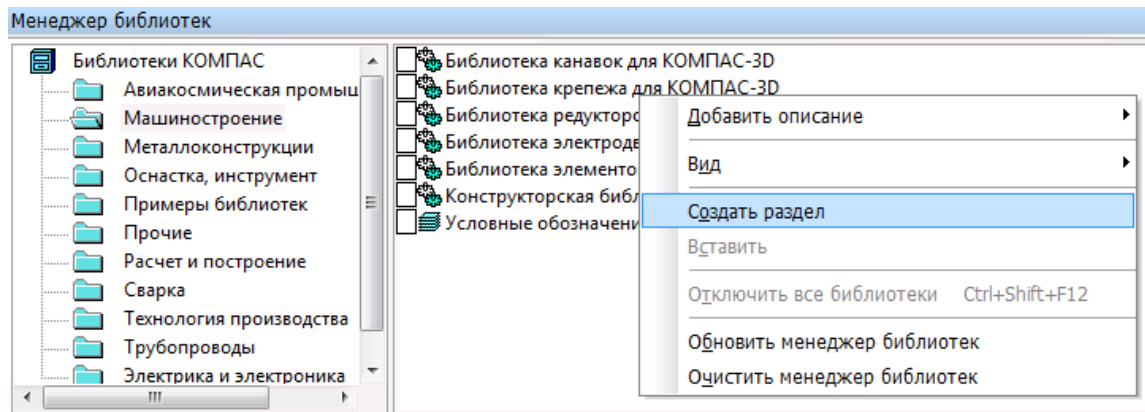


Рис. 19

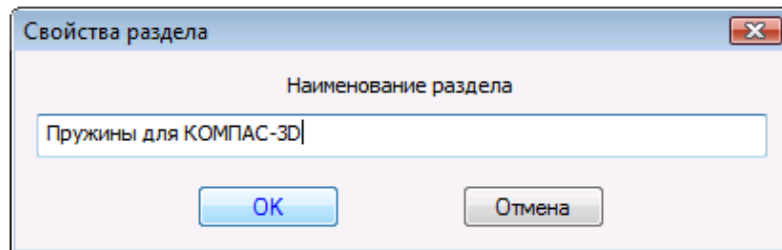


Рис. 20

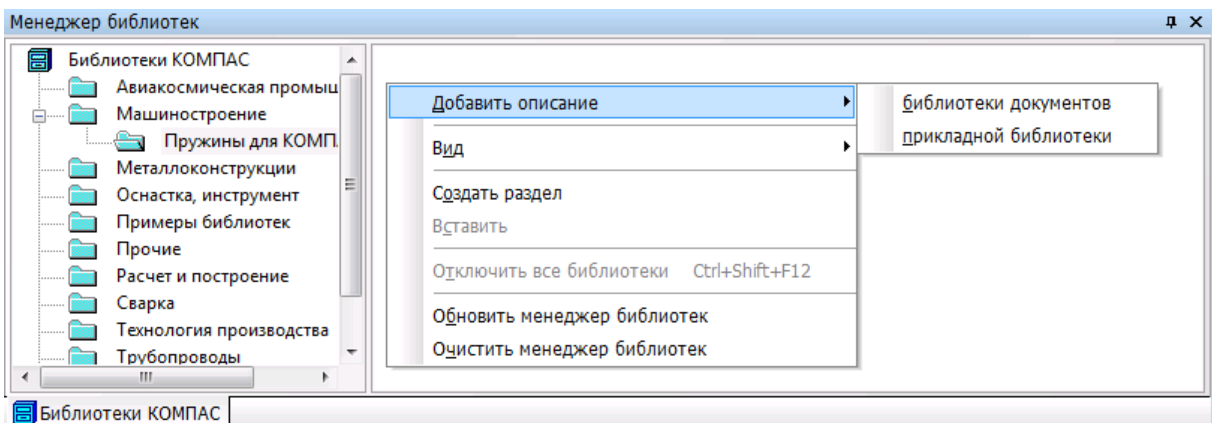


Рис. 21

5. На экране появится диалог **Свойства библиотеки**. Введите в этом диалоге название библиотеки, например, Пружины сжатия, и нажмите кнопку **ОК** диалога (рис. 23).

6. Созданная библиотека моделей отобразится на уровне выбранного раздела в списке Менеджера библиотек. Подключите созданную библиотеку, щелкнув мышью в квадрате рядом с ее названием (на первой вкладке подключенные библиотеки внутри этого квадрата будут отмечены красной «галочкой»). Чтобы добавить в эту библиотеку ранее созданную модель, выделите название созданной библиотеки и вызовите правой кнопкой мыши контекстное меню. Вызовите из контекстного меню команду **Добавить модель в библиотеку...** (рис. 24).

7. На экране появится стандартный диалог выбора файлов. Выберите файл модели и нажмите кнопку **Открыть** для добавления модели в библиотеку. В появившемся диалоге задайте или **Полный путь** для нахождения модели, или **Относительное имя** (например, Пружина 1, поджат целый виток, зашлифовано 3/4 дуги окружности) и нажмите кнопку **ОК** (рис. 25).

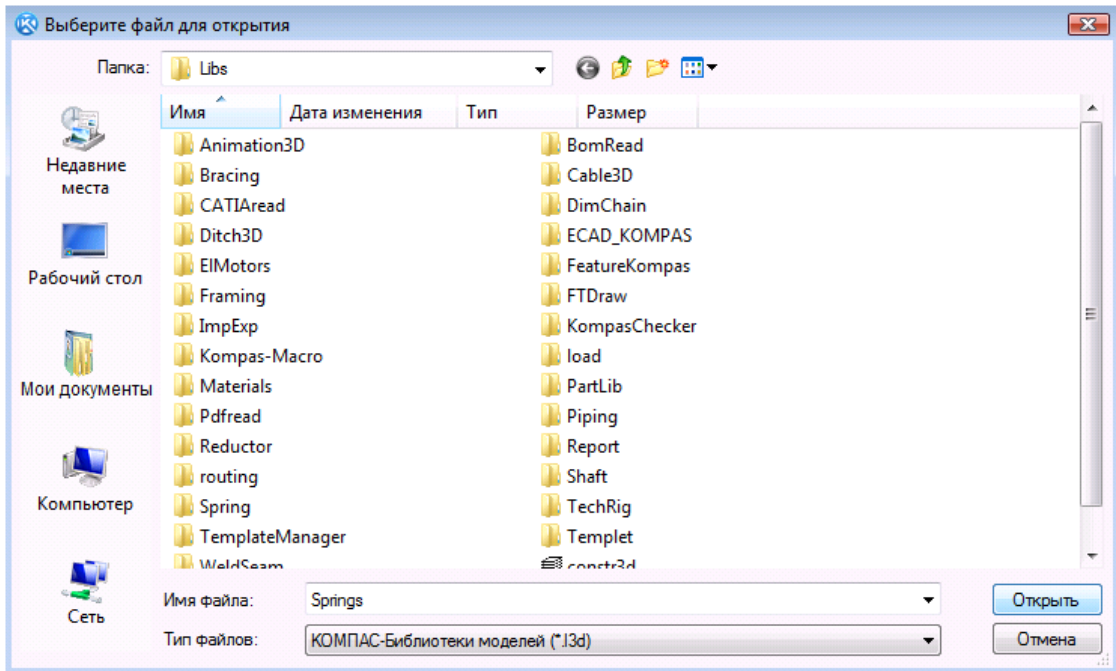


Рис. 22

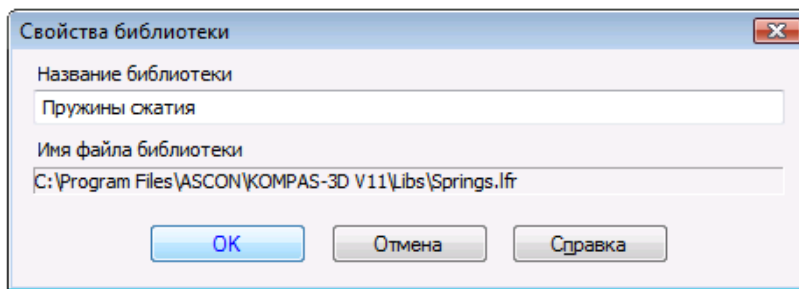


Рис. 23

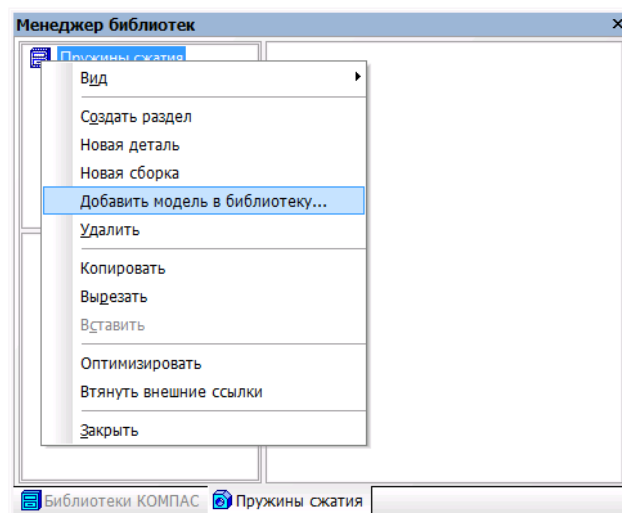


Рис. 24

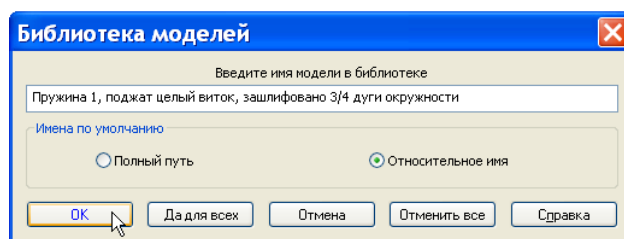


Рис. 25

8. В правой части окна появится созданный файл библиотеки (рис. 26). Следует иметь в виду, что созданная библиотека может быть использована только в документе типа Сборка.

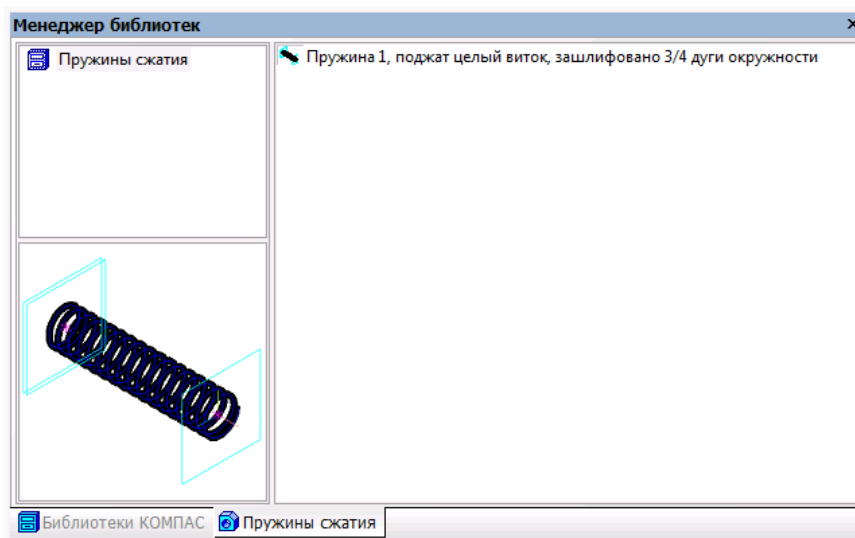


Рис. 26

9. Попробуйте, как работает созданная вами библиотека. Создайте файл типа **Сборка** и подключите нужный раздел библиотеки. Выберите название нужной модели в списке и дважды щелкните левой кнопкой мыши на ее названии. В окне документа появится фантом вставляемой модели. Поскольку библиотечная модель содержит внешние переменные, то на Панели свойств появится окно работы с переменными. В нем перечислены все внешние переменные данной модели и их значения такие, какими они были в момент последнего сохранения модели в библиотеке (рис. 27). Введите новые значения внешних переменных вставляемой модели и укажите положение ее базовой точки.

Имя	Значение	Изменен	Комментарий
t	6.30	<input type="checkbox"/>	Шаг пружины
n	15.370	<input type="checkbox"/>	Число рабочих витков
D0	21.0	<input type="checkbox"/>	Средний диаметр пружины
d	3.0	<input type="checkbox"/>	

Рис. 27

Модель будет вставлена в документ, а в Дереве модели появится пиктограмма компонента из пользовательской библиотеки моделей. В документе может быть несколько вставок одной и той же модели с разными значениями одних и тех же переменных. Дальнейшие приемы работы с

вставленной библиотечной моделью — перемещение и создание сопряжений — те же, что при работе с уникальным компонентом.

Иногда после вставки библиотечный компонент помечается в Дереве модели как ошибочный. В этом случае модель отображается только в Дереве модели, а в окне документа не видна. Причина ошибки может заключаться или во введении таких значений внешних переменных, при которых система уравнений и неравенств, связывающих переменные модели, не может быть решена, или в присвоении одной или нескольким внешним переменным значений, выходящих за пределы допустимого диапазона. Для того чтобы исправить ошибку, войдите в режим редактирования библиотечной модели и отредактируйте значения ее переменных.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИНТОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРУЖИНЫ СЖАТИЯ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ КОМПАС-SPRING

Для моделирования пружин, их проектного или проверочного расчетов служит модуль КОМПАС-SPRING. По результатам расчетов могут быть автоматически сформированы чертежи пружин, содержащие виды, технические требования, диаграммы деформаций или усилий.

Расчет выполняется при минимальном количестве исходных данных. В ходе расчета пользователь может изменять параметры для достижения наилучшего результата. Для каждого набора исходных данных определяется несколько вариантов пружин, максимально удовлетворяющих заданным условиям и критериям прочности.

Выполните модель винтовой цилиндрической пружины сжатия, имеющей те же характеристики, которые использовались для "ручного" моделирования:

- осевая сила пружины при предварительной деформации $P_1 = 35$ Н;
- осевая сила при рабочей деформации $P_2 = 135$ Н;
- рабочий ход $h = 30$ мм;
- наружный диаметр пружины $D = 24$ мм;
- длина пружины при рабочей деформации $H_2 = 60,79$ мм.

Отнесем пружину к I-му классу, 2 разряду (см. табл. 2). Значение относительного инерционного зазора δ для пружин сжатия I-го класса равно 0,05-0,25.

Для лучшей устойчивости пружины выберите следующий вид крайних витков пружины: поджат целый виток, зашлифовано 3/4 дуги окружности (см. рис. 2, в).

1. В начале работы не надо создавать никаких документов. В стартовом окне программы сразу вызовите диалоговое окно **Менеджер библиотек** и в разделе **Расчет и построение** подключите библиотеку КОМПАС-SPRING. В этой библиотеке двойным щелчком мыши активизируйте команду **Пружина сжатия** (рис. 28).

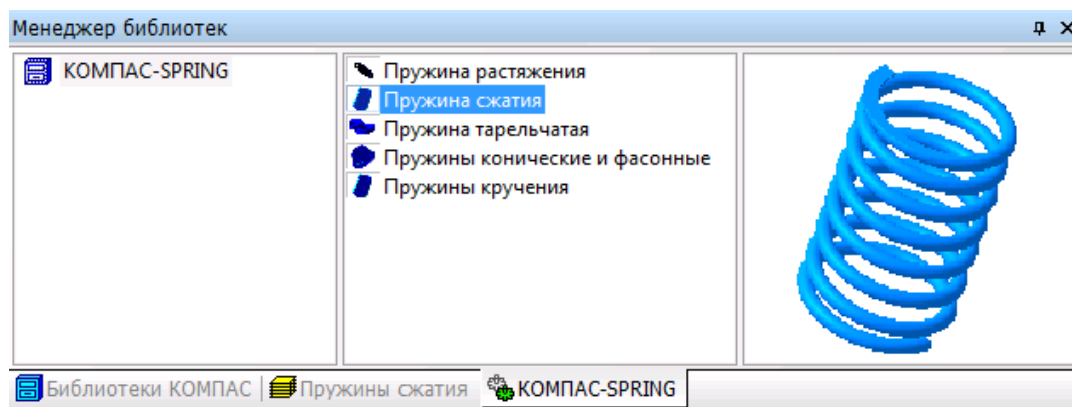


Рис. 28

Система выведет на экран диалоговое окно **Проектирование цилиндрической пружины сжатия** (рис. 29) и автоматически создаст документ типа Чертеж с расположенным гори-

горизонтально Форматом А3 (впоследствии, если вам не нужен будет рабочий чертеж с рассчитанной системой пружины, закройте этот документ без сохранения).

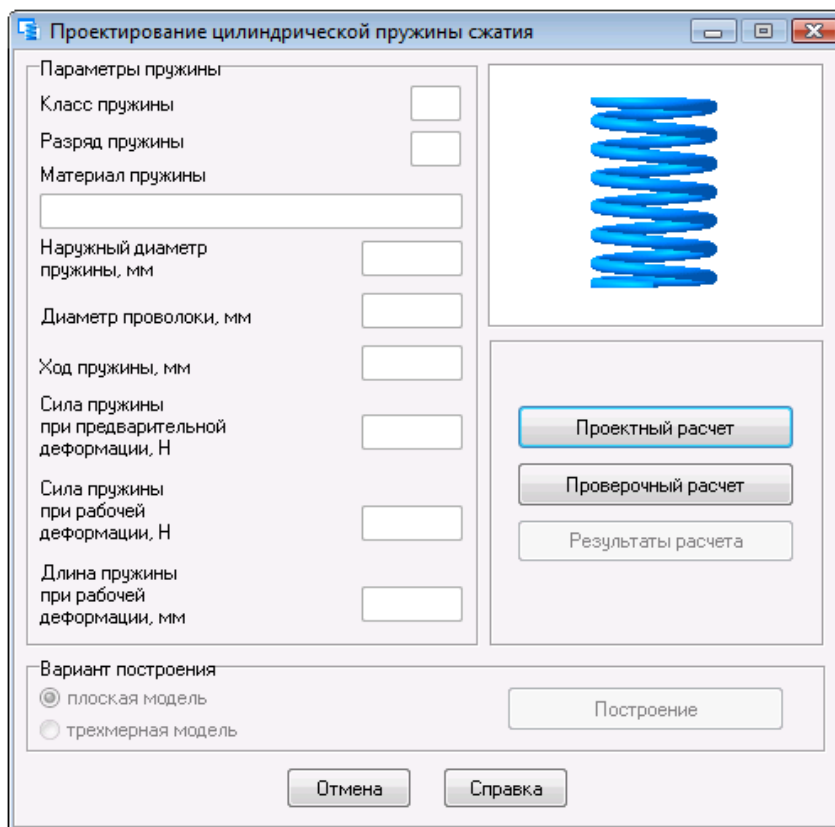


Рис. 29

2. В этом окне нажмите кнопку **Проектный расчет**. Система выведет на экран диалоговое окно (рис. 30). Обратите внимание на то, что обозначения параметров, принятые в КОМПАС-SPRING, отличаются от общепринятых. Так, сила пружины обозначается буквой F (а не P), рабочий ход — H (а не h), длина пружины — L (а не H) и т. д.

В этом окне задайте необходимые параметры пружины:

- класс пружины — 1;
- разряд пружины — 2;
- материал пружины — Проволока Б-2;
- диаметр пружины — 24 мм;
- относительный инерционный зазор — 0,1 (оставим по умолчанию).

При помощи прокрутки выберите тип крайних витков — поджат целый виток, зашлифовано 3/4 дуги окружности (в поле **Число опорных (поджатых) витков** появится **1,000**, в поле **Число обработанных витков с одной стороны** — **0,750**).

Введите значения остальных параметров, как на рис. 30. Нажмите кнопку **ОК**.

3. На экране появится диалоговое окно **Результаты расчета** (рис. 31). В этом окне выберите один из предлагаемых системой вариантов, наиболее близкий по результатам к «ручному» моделированию, и нажмите кнопку **ОК**.

4. Система выведет окно-предупреждение КОМПАС-Spring, что пружина спроектирована (рис. 32). На запрос, закончить расчет или нет, нажмите кнопку **Да**.

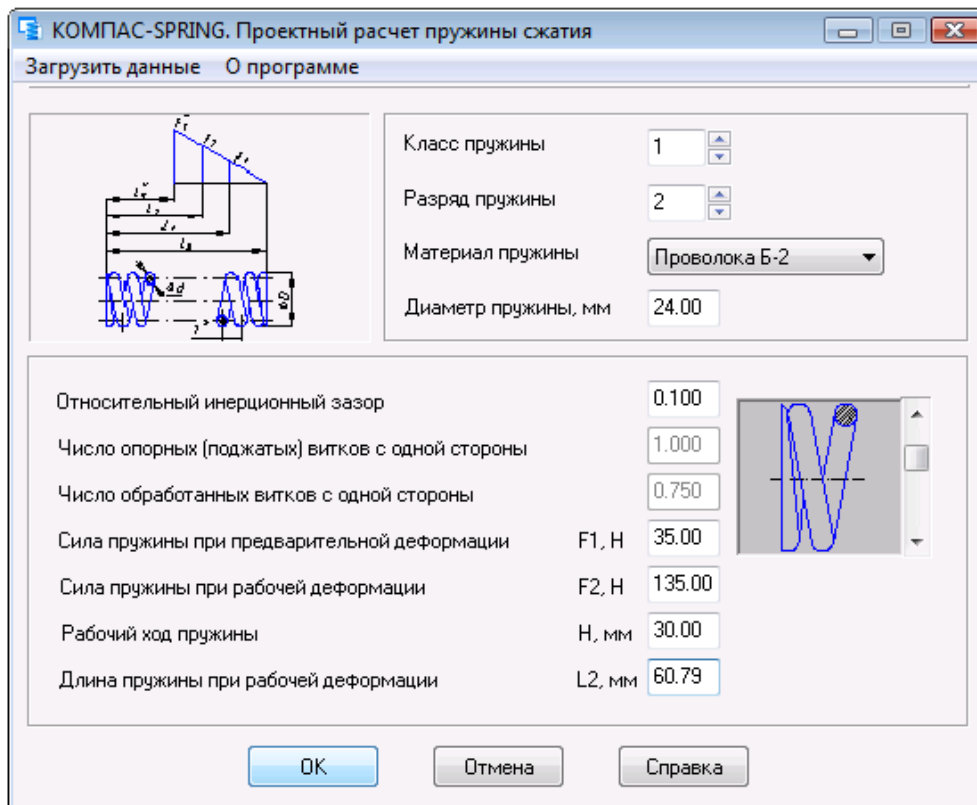


Рис. 30



Рис. 31

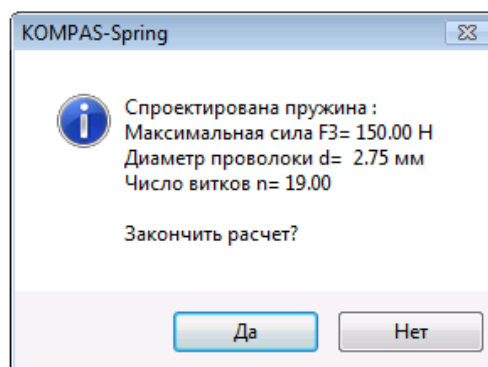


Рис. 32

5. Перед вами опять окно **Проектирование цилиндрической пружины сжатия**. Здесь можно выполнить **Проверочный расчет** и посмотреть полный отчет о параметрах пружины, нажав кнопку **Результаты расчета**. Параметры пружины, смоделированной модулем КОМПАС-SPRING, несколько отличаются от параметров пружины, модель которой была выполнена "вручную", но их порядки в общем сходны.

6. В нижней части окна **Проектирование цилиндрической пружины сжатия** в разделе **Вариант построения** поставьте флажок **трехмерная модель** и нажмите кнопку **Построение**. Система сама создаст файл типа Деталь, в котором будет отрисована модель рассчитанной пружины (рис. 33).

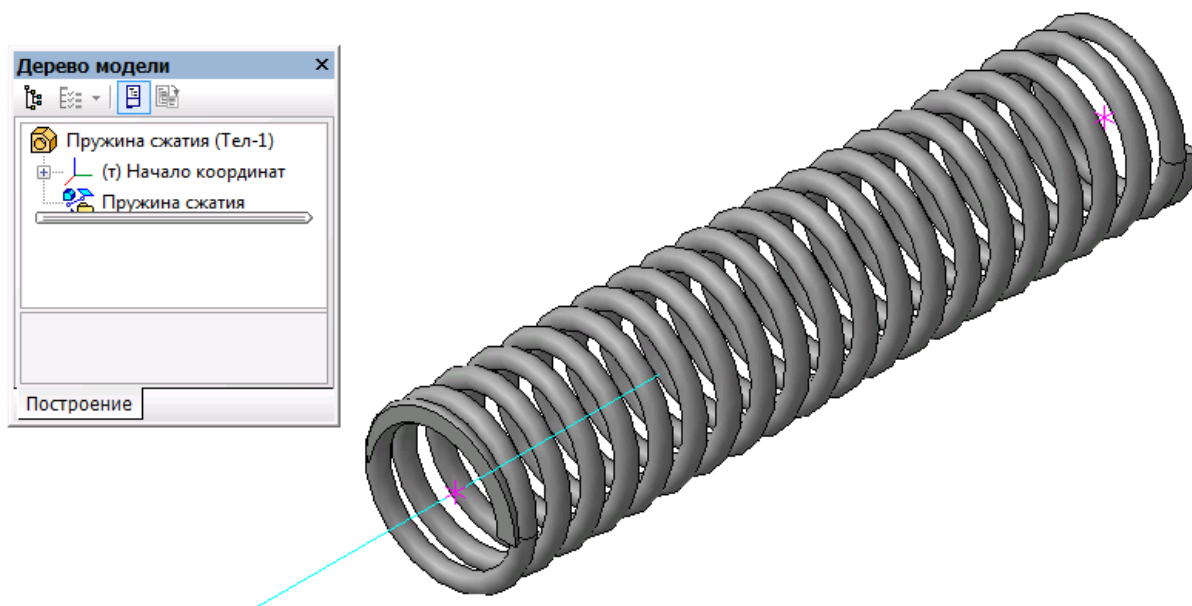


Рис. 33

5. УСЛОВИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ «МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРУЖИНЫ СЖАТИЯ»

1. Рассчитайте параметры винтовой цилиндрической пружины сжатия I класса разряда 2 из стали круглого сечения. Исходные данные для расчета необходимо взять из табл. 4 (номер варианта определяется преподавателем). Стандартизованные параметры пружины I класса разряда 2 даны в Приложении. Опорные витки пружины должны быть поджаты и зашлифованы.
2. Спроектируйте 3D-модель пружины.

Таблица 4

Исходные данные для определения размеров пружины

№ варианта	Осевая сила пружины при предварительной деформации P_1 , Н	Осевая сила при рабочей деформации P_2 , Н	Рабочий ход h , мм	Наружный диаметр пружины D (предварительный), мм
1	6	20	10	5...10
2	8	30	11	5...10
3	10	40	12	5...10
4	12	50	13	6...12
5	14	60	14	6...12
6	16	70	15	8...16
7	18	80	16	8...16
8	20	90	17	10...18
9	22	100	18	10...18
10	24	110	19	12...20

11	26	120	20	12...20
12	28	130	21	14...24
13	30	140	22	14...24
14	32	150	23	16...28
15	34	160	24	16...28
16	36	170	25	18...32
17	38	180	26	18...32
18	40	190	27	22...36
19	42	200	28	22...36
20	44	210	29	22...36
21	46	220	30	24...40
22	48	230	31	24...40
23	50	240	32	28...44
24	52	250	33	28...44
25	54	260	34	32...50
26	56	270	35	32...50
27	58	280	36	36...54
28	60	290	37	36...54
29	62	300	38	40...60
30	64	310	39	40...60

3. Выполните рабочий чертеж пружины.
4. Задайте параметрам пружины имена переменных и создайте собственную библиотеку пользователя «Пружины сжатия». Проверьте работу библиотеки.
5. Смоделируйте пружину с теми же параметрами, пользуясь модулем КОМПАС-SPRING.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. — 9-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2006. — Т. 3, 928 с.
2. Справочное руководство по черчению/ Н.Н. Богданов, И.Ф. Малежик, А.П. Верхола и др. — М.: Машиностроение, 1989. — 864 с.
3. Талалай П.Г. КОМПАС-3D V11 на примерах. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 624 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Выдержки из ГОСТ 13767-86 – Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения I класса, разряда 2 из стали круглого сечения

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации P_3 , Н	Диаметр проволоки d , мм	Наружный диаметр пружины D , мм	Жесткость одного витка z_1 , Н/мм	Наибольший прогиб одного витка f_3 , мм
1	1.00	0.20	2.0	2.688	0.372
2	1.06	0.20	1.9	3.198	0.331
3	1.06	0.22	2.5	1.942	0.546
4	1.12	0.20	1.8	3.836	0.292
5	1.12	0.22	2.4	2.217	0.506
6	1.18	0.20	1.7	4.650	0.254
7		0.22	2.2	2.963	0.399
8	1.25	0.22	1.6	5.719	0.218
9		0.22	2.1	3.463	0.361
10		0.25	3.2	1.491	0.838
11	1.32	0.20	1.5	7.142	0.185
12		0.22	2.0	4.071	0.324
13		0.25	3.0	1.844	0.716
14	1.40	0.20	1.4	9.084	0.154
15		0.22	1.9	4.836	0.290
16		0.25	2.8	2.315	0.604
17	1.50	0.20	1.3	11.790	0.127
18		0.22	1.8	5.827	0.257
19		0.25	2.6	2.953	0.508
20	1.60	0.20	1.2	15.700	0.102
21		0.22	1.7	7.083	0.227
22		0.25	2.5	3.365	0.475
23		0.28	3.6	1.648	0.970
24	1.70	0.20	1.15	18.310	0.093
25		0.22	1.6	8.751	0.194
26		0.25	2.4	3.855	0.440
27		0.28	3.4	1.982	0.858
28	1.80	0.30	3.8	1.854	0.917
29		0.20	1.1	21.530	0.084
30		0.22	1.5	10.940	0.164
31		0.25	2.2	5.170	0.349
32		0.28	3.2	2.428	0.743
33	1.90	0.30	3.6	2.207	0.816
34		0.20	1.05	25.560	0.074
35		0.22	1.4	14.000	0.136
36		0.25	2.1	6.053	0.314
37		0.28	3.0	3.002	0.633
38	2.00	0.30	3.4	2.668	0.712
39		0.20	1.0	30.660	0.065
40		0.22	1.3	18.210	0.110
41		0.25	2.0	7.151	0.279
42		0.28	2.8	3.767	0.531
43	2.12	0.30	3.2	3.257	0.614
44		0.22	1.2	24.390	0.087
45		0.25	1.9	8.535	0.249
46		0.28	2.6	4.836	0.438
47		0.30	3.0	4.042	0.524
48	2.24	0.22	1.15	28.480	0.079
49		0.25	1.8	10.290	0.218
50		0.28	2.5	5.503	0.407
51		0.30	2.8	5.091	0.441
52	2.36	0.22	1.1	33.690	0.070
53		0.25	1.7	12.570	0.188
54		0.28	2.4	3.327	0.373
55		0.30	2.6	6.524	0.362
56	2.50	0.36	4.8	1.884	1.254
57		0.25	1.6	15.580	0.160
58		0.28	2.2	8.505	0.294
59		0.30	2.5	7.475	0.335
60		0.36	4.5	2.325	1.077

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации $P_3, Н$	Диаметр проволоки $d, мм$	Наружный диаметр пружины $D, мм$	Жесткость одного витка $z_1, Н/мм$	Наибольший прогиб одного витка $f_3, мм$
61	2.65	0.25	1.5	19.620	0.135
62		0.28	2.1	10.010	0.265
63		0.30	2.4	8.584	0.309
64		0.36	4.2	2.904	0.913
65	2.80	0.25	1.4	25.190	0.111
66		0.28	2.0	11.870	0.235
67		0.30	2.2	11.590	0.242
68		0.36	4.0	3.414	0.820
69	3.00	0.40	5.2	2.266	1.235
70		0.25	1.3	33.100	0.091
71		0.28	1.9	14.180	0.212
72		0.30	2.1	13.610	0.220
73	3.00	0.36	3.8	4.042	0.742
74		0.40	5.0	2.580	1.163
75	3.15	0.28	1.8	17.160	0.183
76		0.30	2.0	16.130	0.195
77		0.36	3.6	4.846	0.651
78		0.40	4.8	2.943	1.070
79	3.35	0.28	1.7	21.070	0.159
80		0.30	1.9	19.410	0.172
81		0.36	3.4	5.876	0.570
82		0.40	4.5	3.640	0.920
83	3.55	0.28	1.6	26.210	0.136
84		0.30	1.8	23.520	0.151
85		0.36	3.2	7.191	0.494
86		0.40	4.2	4.571	0.777
87	3.75	0.28	1.5	33.210	0.113
88		0.30	1.7	28.870	0.130
89		0.36	3.0	8.966	0.418
90		0.40	4.0	5.386	0.696
91	4.00	0.45	6.0	2.354	1.592
92		0.28	1.4	42.920	0.093
93		0.30	1.6	36.130	0.111
94		0.36	2.8	11.320	0.353
95	4.25	0.40	3.8	6.386	0.626
96		0.45	5.5	3.120	1.282
97		0.30	1.5	45.940	0.093
98		0.36	2.6	14.640	0.290
99	4.50	0.40	3.6	7.662	0.555
100		0.45	5.2	3.747	1.134
101		0.36	2.5	16.800	0.268
102		0.40	3.4	9.300	0.484
103	4.75	0.45	5.0	4.267	1.054
104		0.50	6.5	2.835	1.587
105		0.36	2.4	19.380	0.245
106		0.40	3.2	11.440	0.415
107	5.00	0.45	4.8	4.885	0.972
108		0.50	6.3	3.139	1.513
109		0.36	2.2	26.440	0.189
110		0.40	3.0	14.290	0.351
111	5.30	0.45	4.5	6.053	0.826
112		0.50	6.0	3.689	1.356
113		0.36	2.1	31.240	0.169
114		0.40	2.8	18.170	0.292
115	5.60	0.45	4.2	7.632	0.694
116		0.50	5.5	4.905	1.081
117		0.36	2.0	37.310	0.150
118		0.40	2.6	23.580	0.238
119	6.00	0.45	4.0	8.986	0.623
120		0.50	5.2	5.906	0.948
121		0.56	7.5	2.884	1.942
122		0.36	1.9	45.070	0.133
123	6.00	0.40	2.5	27.110	0.221
124		0.45	3.8	10.720	0.560
125		0.50	5.0	6.730	0.892
126		0.56	7.0	3.610	1.662

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации P_3 , Н	Диаметр проволоки d , мм	Наружный диаметр пружины D , мм	Жесткость одного витка z_1 , Н/мм	Наибольший прогиб одного витка f_3 , мм
127	6.30	0.36	1.8	55.130	0.114
128		0.40	2.4	31.390	0.201
129		0.45	3.6	12.870	0.489
130		0.50	4.8	7.711	0.818
131		0.56	6.5	4.601	1.369
132		0.60	8.0	3.139	2.009
133	6.70	0.40	2.2	43.070	0.156
134		0.45	3.4	15.670	0.427
135		0.50	4.5	9.575	0.699
136		0.56	6.3	5.101	1.313
137		0.60	7.5	3.875	1.735
138	7.10	0.40	2.1	51.110	0.139
139		0.45	3.2	19.360	0.370
140		0.50	4.2	12.110	0.586
141		0.56	6.0	6.004	1.182
142	7.50	0.60	7.0	4.846	1.466
143		0.40	2.0	61.310	0.122
144		0.45	3.0	24.220	0.310
145	7.50	0.50	4.0	14.300	0.524
146		0.56	5.5	8.005	0.937
147		0.60	6.5	6.200	1.211
148	8.0	0.45	2.8	31.040	0.258
149		0.50	3.8	17.060	0.469
150		0.56	5.2	9.653	0.829
151		0.60	6.3	6.867	1.166
152	8.50	0.45	2.6	40.480	0.210
153		0.50	3.6	20.580	0.413
154		0.56	5.0	11.020	0.772
155	9.00	0.60	6.0	8.074	1.054
156		0.45	2.5	46.700	0.193
157		0.50	3.4	25.140	0.358
158		0.56	4.8	12.660	0.710
159		0.60	5.5	10.780	0.835
160	9.50	0.70	9.0	4.120	2.187
161		0.45	2.4	54.250	0.175
162		0.50	3.2	31.150	0.305
163		0.56	4.5	15.740	0.603
164		0.60	5.2	13.030	0.729
165		0.70	8.5	4.964	1.915
166	10.0	0.45	2.2	75.000	0.134
167		0.50	3.0	39.240	0.255
168		0.56	4.2	20.000	0.499
169		0.60	5.0	14.940	0.669
170	10.6	0.70	8.0	6.053	1.654
171		0.50	2.8	50.390	0.210
172		0.56	4.0	23.730	0.446
173		0.60	4.8	17.140	0.618
174		0.70	7.5	7.505	1.414
175	11.2	0.50	2.6	66.200	0.169
176		0.56	3.8	28.360	0.394
177		0.60	4.5	21.410	0.522
178		0.70	7.0	9.418	1.191
179		0.80	10.5	4.405	2.542
180	11.8	0.50	2.5	76.640	0.154
181		0.56	3.6	34.320	0.344
182		0.60	4.2	27.220	0.434
183		0.70	6.5	12.080	0.977
184		0.80	10.0	5.160	2.286
185	12.5	0.56	3.4	42.120	0.297
186		0.60	4.0	32.310	0.387
187		0.70	6.3	13.400	0.933
188		0.80	9.5	6.092	2.052
189	13.2	0.56	3.2	52.430	0.255
190		0.60	3.8	38.830	0.340
191		0.70	6.0	15.820	0.835
192		0.80	9.0	7.289	1.810

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации P_3 , Н	Диаметр проволоки d , мм	Наружный диаметр пружины D , мм	Жесткость одного витка z_1 , Н/мм	Наибольший прогиб одного витка f_3 , мм
193	14.0	0.56	3.0	66.410	0.211
194		0.60	3.6	47.040	0.298
195		0.70	5.5	21.250	0.659
196		0.80	8.5	8.809	1.589
197		0.90	11.5	5.396	2.594
198	15.0	0.56	2.8	85.840	0.174
199		0.60	3.4	57.860	0.259
200		0.70	5.2	25.810	0.581
201		0.80	8.0	10.760	1.393
202		0.90	11.637	6.249	2.401
203	16.0	0.60	3.2	72.270	0.221
204		0.70	5.0	29.640	0.540
205		0.80	7.5	13.330	1.200
206		0.90	10.5	7.269	2.201
207	17.0	0.60	3.0	91.880	0.185
208		0.70	4.8	34.090	0.499
209		0.80	7.0	16.850	1.009
210		0.90	10.0	8.545	1.990
211		1.00	13.0	5.680	2.993
212	18.0	0.70	4.5	42.880	0.419
213		0.80	6.5	21.700	0.830
214		0.90	9.5	10.100	1.782
215		1.00	12.0	7.367	2.443
216	19.0	0.70	4.2	54.880	0.346
217	19.0	0.80	6.3	24.090	0.789
218		0.90	9.0	12.120	1.569
219		1.00	11.5	8.476	2.242
220	20.0	0.70	4.0	65.470	0.305
221		0.80	6.0	28.580	0.699
222		0.90	8.5	14.690	1.362
223		1.00	11.0	9.810	2.039
224	21.2	0.70	3.8	78.980	0.258
225		0.80	5.5	38.700	0.547
226		0.90	8.0	17.970	1.179
227		1.00	10.5	11.440	1.853
228		1.10	14.0	6.690	3.171
229	22.4	0.70	3.6	96.480	0.233
230		0.80	5.2	47.170	0.475
231		0.90	7.5	22.390	1.001
232		1.00	10.0	13.460	1.665
233		1.10	13.0	8.515	2.634
234	23.6	1.20	16.0	6.278	3.571
235		0.80	5.0	54.540	0.435
236		0.90	7.0	28.320	0.833
237		1.00	9.5	15.970	1.478
238		1.10	12.0	11.070	2.131
239	25.0	1.20	15.0	7.740	3.052
240		0.80	4.8	62.780	0.399
241		0.90	6.5	36.700	0.681
242		1.00	9.0	19.160	1.305
243		1.10	11.5	12.770	1.958
244	26.5	1.20	14.0	9.692	2.582
245		0.80	4.5	79.320	0.334
246		0.90	6.3	40.880	0.648
247		1.00	8.5	23.250	1.140
248		1.10	11.0	14.790	1.792
249	28.0	1.20	13.0	12.380	2.141
250		0.80	4.2	102.200	0.274
251		0.90	6.0	48.520	0.587
252		1.00	8.0	28.600	0.979
253		1.10	10.5	17.280	1.620
254	1.20	12.0	16.130	1.736	

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации P_3 , Н	Диаметр проволоки d , мм	Наружный диаметр пружины D , мм	Жесткость одного витка z_1 , Н/мм	Наибольший прогиб одного витка f_3 , мм
255	30.0	0.80	4.0	122.600	0.245
256		0.90	5.5	66.190	0.454
257		1.00	7.5	35.730	0.840
258		1.10	10.0	20.350	1.473
259		1.20	11.5	18.620	1.611
260	31.5	0.90	5.2	80.950	0.389
261		1.00	7.0	45.420	0.693
262		1.10	9.5	24.180	1.303
263		1.20	11.0	21.570	1.460
264		1.40	18.0	8.231	3.827
265	33.5	0.90	5.0	93.380	0.359
266		1.00	6.5	58.960	0.568
267		1.10	9.0	29.130	1.150
268		1.20	10.5	25.260	1.326
269		1.40	17.0	9.938	3.371
270	35.5	0.90	4.8	108.800	0.326
271		1.00	6.3	65.890	0.538
272		1.10	8.5	35.370	1.004
273		1.20	10.0	29.820	1.191
274		1.40	16.0	12.1100	2.933
275	37.5	0.90	4.5	137.900	0.272
276		1.00	6.0	78.480	0.478
277		1.10	8.0	43.730	0.857
278		1.20	9.5	35.540	1.055
279		1.40	15.0	15.000	2.501
280	40.0	1.00	5.5	107.600	0.371
281		1.10	7.5	54.730	0.731
282		1.20	9.0	42.830	0.934
283		1.40	14.0	18.830	2.123
284		1.60	21.0	8.819	4.535
285	42.5	1.00	5.2	132.400	0.321
286		1.10	7.0	69.860	0.608
287		1.20	8.5	52.230	0.813
288		1.40	13.0	24.140	1.760
289	42.5	1.60	20.0	10.320	4.118
290	45.0	1.00	5.0	153.200	0.294
291		1.10	6.5	91.120	0.494
292		1.20	8.0	64.630	0.696
293		1.40	12.0	31.660	1.421
294		1.60	19.0	12.180	3.693
295	47.5	1.10	6.3	101.900	0.466
296		1.20	7.5	81.270	0.585
297		1.40	11.5	36.580	1.299
298		1.60	18.0	14.580	3.258
299		1.80	24.0	9.418	5.044
300	50.5	1.10	6.0	122.300	0.408
301		1.20	7.0	104.200	0.480
302		1.40	11.0	42.550	1.175
303		1.60	17.0	17.600	2.841
304	53.0	1.80	22.0	12.500	4.002
305		1.10	5.5	168.500	0.314
306		1.20	6.5	136.200	0.389
307		1.40	10.5	50.010	1.060
308		1.60	16.0	21.530	2.461
309	56.0	1.80	21.0	14.540	3.645
310		1.20	6.3	153.200	0.365
311		1.40	10.0	59.250	0.945
312		1.60	15.0	26.720	2.096
313		1.80	20.0	17.090	3.277
314	60.0	1.20	6.0	183.800	0.327
315		1.40	9.5	70.920	0.846
316		1.60	14.0	33.720	1.780
317		1.80	19.0	20.210	2.969
318		2.00	26.0	11.350	5.286

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации $P_3, Н$	Диаметр проволоки $d, мм$	Наружный диаметр пружины $D, мм$	Жесткость одного витка $z_1, Н/мм$	Наибольший прогиб одного витка $f_3, мм$
319	63.0	1.40	9.0	85.850	0.734
320		1.60	13.0	44.400	1.452
321		1.80	18.0	24.220	2.601
322		2.00	25.0	12.900	4.884
323	67.0	1.40	8.5	105.400	0.636
324		1.60	12.0	57.160	1.172
325		1.80	17.0	29.370	2.281
326		2.00	24.0	14.740	4.544
327	71.0	1.40	8.0	131.500	0.540
328		1.60	11.5	66.170	1.073
329		1.80	16.0	35.960	1.975
330		2.00	22.0	19.620	3.618
331	75.0	2.20	28.0	13.360	5.315
332		1.40	7.5	165.700	0.453
333		1.60	11.0	77.410	0.969
334		1.80	15.0	44.770	1.675
335	80.0	2.00	21.0	22.890	3.277
336		2.20	26.0	17.020	4.406
337		1.40	7.0	214.600	0.373
338		1.60	10.5	91.190	0.878
339	85.0	1.80	14.0	56.650	1.412
340		2.00	20.0	26.910	2.972
341		2.20	25.0	19.380	4.127
342		1.60	10.0	109.100	0.779
343	90.0	1.80	13.0	73.310	1.160
344		2.00	19.0	31.950	2.661
345		2.20	24.0	22.150	3.838
346		1.60	9.4	130.200	0.691
347	95.0	1.80	12.0	97.050	0.928
348		2.00	18.0	38.320	2.349
349		2.20	22.0	29.580	3.043
350		1.60	9.0	159.100	0.597
351	100.0	1.80	11.5	112.800	0.842
352		2.00	17.0	46.500	2.043
353		2.20	21.0	34.550	2.750
354		2.50	32.0	14.930	6.363
355	106.0	1.60	8.5	169.000	0.510
356		1.80	11.0	132.300	0.755
357		2.00	16.0	57.200	1.748
358		2.20	20.0	40.720	2.456
359	106.0	2.50	30.0	18.420	5.428
360		1.60	8.0	245.300	0.432
361		1.80	10.5	156.400	0.678
362		2.00	15.0	71.450	1.483
363	112.0	2.20	19.0	48.420	2.190
364		2.50	28.0	23.110	4.586
365		1.80	10.0	186.200	0.601
366		2.00	14.0	90.830	1.233
367	118.0	2.20	18.0	58.250	1.922
368		2.50	26.0	29.530	3.793
369		2.80	36.0	16.460	6.804
370		1.80	9.5	225.200	0.524
371	125.0	2.00	13.0	117.900	1.001
372		2.20	17.0	70.810	1.666
373		2.50	25.0	33.640	3.508
374		2.80	34.0	19.860	5.944
375	125.0	3.00	40.0	15.680	7.526
376		1.80	9.0	275.900	0.453
377		2.00	12.0	157.000	0.796
378		2.20	16.0	87.360	1.431
379	125.0	2.50	24.0	38.550	3.242
380		2.80	32.0	24.210	5.613
381		3.00	38.0	18.500	6.756

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации P_3 , Н	Диаметр проволоки d , мм	Наружный диаметр пружины D , мм	Жесткость одного витка z_1 , Н/мм	Наибольший прогиб одного витка f_3 , мм
382	132.0	2.00	11.5	183.100	0.721
383		2.20	15.0	109.400	1.207
384		2.50	22.0	51.680	2.555
385		2.80	30.0	29.960	4.406
386		3.00	36.0	22.090	5.976
387	140.0	2.00	11.0	215.300	0.650
388		2.20	14.0	140.000	1.000
389		2.50	21.0	60.530	2.313
390		2.80	28.0	37.680	3.716
391		3.00	34.0	26.680	5.248
392	150.0	2.00	10.5	255.600	0.587
393		2.20	13.0	182.200	0.823
394		2.50	20.0	71.510	2.098
395		2.80	26.0	48.280	3.107
396		3.00	32.0	32.520	4.613
397	160.0	2.00	10.0	306.600	0.522
398		2.20	12.0	243.900	0.656
399		2.50	19.0	85.310	1.876
400		2.80	25.0	55.110	2.903
401		3.00	30.0	40.330	3.967
402	170.0	3.50	45.2	20.560	7.782
403		2.20	11.2	284.800	0.597
404		2.50	18.0	102.900	1.651
405		2.80	24.0	63.310	2.685
406		3.00	28.0	50.800	3.346
407	180.0	3.50	42.0	25.770	6.596
408		2.20	11.0	336.900	0.535
409		2.50	17.0	125.200	1.437
410		2.80	22.0	85.190	2.113
411		3.00	26.0	65.240	2.759
412	190.0	3.50	40.0	30.230	5.954
413		2.50	16.0	155.800	1.219
414		2.80	21.0	100.100	1.899
415		3.00	25.0	74.550	2.549
416		3.50	38.0	35.780	5.310
417	200.0	2.50	15.0	196.200	1.019
418		2.80	20.0	118.700	1.685
419		3.00	24.0	85.710	2.334
420		3.50	36.0	42.840	4.669
421		4.00	52.0	22.710	8.806
422	212.0	2.50	14.0	251.900	0.841
423		2.80	19.0	141.800	1.495
424		3.00	22.0	115.900	1.829
425		3.50	34.0	51.830	4.090
426		4.00	50.0	25.800	8.217
427	224.0	2.50	13.0	331.100	0.677
428		2.80	18.0	171.600	1.306
429		3.00	21.0	136.100	1.646
430		3.50	32.0	63.520	3.526
431		4.00	48.0	29.480	7.598
432	236.0	2.50	12.0	446.900	0.528
433	236.0	2.80	17.0	210.800	1.119
434		3.00	20.0	161.300	1.463
435		3.50	30.0	79.030	2.987
436		4.00	45.0	36.430	6.477
437		4.50	60.0	23.550	10.02
438	250.0	2.80	16.0	262.100	0.953
439		3.00	19.0	194.100	1.288
440		3.50	28.0	99.960	2.501
441		4.00	42.0	44.760	5.463
442		4.50	55.0	31.230	8.004
443	265.0	2.80	15.0	332.100	0.804
444		3.00	18.0	235.200	1.127
445		3.50	26.0	129.100	2.053
446		4.00	40.0	53.830	4.924
447		4.50	52.0	37.530	7.060

Номер позиции	Сила пружины при максимальной деформации P_3 , Н	Диаметр проволоки d , мм	Наружный диаметр пружины D , мм	Жесткость одного витка z_1 , Н/мм	Наибольший прогиб одного витка f_3 , мм
448	280.0	2.80	14.0	429.200	0.652
449		3.00	17.0	288.700	0.969
450		3.50	25.0	148.200	1.890
451		4.00	38.0	63.900	4.381
452		4.50	50.0	42.710	6.556
453	300.0	3.00	16.0	361.300	0.831
454		3.50	24.0	170.400	1.760
455		4.00	36.0	76.640	3.914
456		4.50	48.0	48.820	6.145
457		5.00	65.0	28.390	10.57
458	315.0	3.00	15.0	459.400	0.686
459		3.50	22.0	232.300	1.356
460		4.00	34.0	93.010	3.386
461		4.50	45.0	60.560	5.202
462		5.00	63.0	31.420	1.002
463	335.0	3.50	21.0	274.400	1.220
464		4.00	32.0	114.400	2.929
465		4.50	42.0	76.280	4.391
466		5.00	60.0	36.850	9.092
467		3.50	20.0	327.400	1.085
468	355.0	4.00	30.0	142.900	2.483
469		4.50	40.0	89.910	3.946
470		5.00	55.0	48.120	7.238
471	375.0	3.50	19.0	394.600	0.950
472		4.00	28	181.700	2.064
473		4.50	38	107.200	3.497
474		5.00	52	59.060	6.350
475	400.0	3.50	18.0	482.360	0.829
476		4.00	26	235.800	1.696
477		4.50	36	128.700	3.108
478		5.00	50	67.290	5.945
479	425.0	3.50	17.0	597.700	0.711
480		4.00	25	271.100	1.568
481		4.50	34	156.700	2.713
482		5.00	48	77.110	5.512

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения о пружинах	2
2. Моделирование винтовой цилиндрической пружины сжатия с переменными	4
3. Создание библиотеки пользователя «Пружины сжатия»	16
4. Моделирование винтовой цилиндрической пружины сжатия с помощью модуля КОМПАС-SPRING	20
5. Условие расчетно-графического задания «Моделирование пружины сжатия»	23
Рекомендуемый библиографический список	24
ПРИЛОЖЕНИЕ	25