



APM Spring

Руководство пользователя

APM Spring

Система проектирования пружин и торсионных валов

Версия 17

Руководство пользователя

Научно-технический центр «Автоматизированное Проектирование Машин»
141070, Россия, Московская область, г. Королёв, Октябрьский бульвар 14, оф. 6
тел.: +7 (495) 120-58-10.

Наш адрес в Интернете: <http://www.apm.ru>, e-mail: com@apm.ru

Авторские права © 1989 – 2019 Научно-технический центр «Автоматизированное проектирование машин». Все права защищены. Все программные продукты НТЦ «АПМ» являются зарегистрированными торговыми марками центра. Названия и марки, упомянутые в данном руководстве, являются зарегистрированными торговыми марками их законных владельцев.

Отпечатано в России.

Содержание

Содержание	3
Введение	5
Основные положения	5
Требования к аппаратному и программному обеспечению	5
Краткий путеводитель по руководству	5
Глава 1. Упругие элементы – задачи и расчеты	6
Основные термины и определения	6
Типы расчетов	7
Исходные данные	8
<i>Параметры геометрии</i>	9
Материалы	9
<i>Параметры материала</i>	9
Результаты	10
Расчет по ГОСТ 13765-86	10
<i>Исходные данные</i>	10
<i>Общие положения расчета</i>	10
<i>Влияние дополнительных параметров на результаты расчета</i>	10
Глава 2. Исходные данные и результаты	12
Пружина сжатия	12
Пружина растяжения	13
Тарельчатая пружина	14
Пружина кручения	14
Плоская пружина	15
Торсион	16
Рессорная пружина	16
Глава 3. Интерфейс APM Spring	17
Общий вид	17
Информационные окна	17
<i>Окно «Тип Пружины»</i>	17
<i>Окно «Общие параметры»</i>	17
<i>Окно с кнопками ускоренного выбора</i>	18
<i>Окно «Численные Параметры»</i>	18
Справочник команд	18
Глава 4. Как работать с системой APM Spring	20
Начало работы	20
Выбор типа пружины	20
Выбор типа расчета	20
Ввод исходных данных	20
Выполнение расчета	21
Просмотр результатов	21
Создание рабочего чертежа	22
<i>Ввод параметров чертежа</i>	22
<i>Заполнение штампа</i>	23
<i>Выбор конструктивного исполнения</i>	23
<i>Ввод технических требований</i>	25
Печать исходных данных и результатов расчета	25
Сохранение исходных данных и результатов	26
<i>Сохранение в формате APM Spring (*.spr)</i>	26
<i>Сохранение текстового файла отчета</i>	26
<i>Сохранение файла данных</i>	26
Выход	27
Глава 5. Дополнительные возможности APM Spring	28
Работа с базами данных материалов	28

Файл инициализации системы WINSPRIN.INI	28
Вызов APM Spring из командной строки	29
Глава 6. Редактор функций.....	30
Общие сведения	30
Справочник команд редактора функций	30
Настройки редактора	31
<i>Сетка</i>	32
<i>Шаг курсора</i>	32
<i>Палитра</i>	32
Задание графика функции	32
<i>Задание графика по координатам точек</i>	32
<i>Задание графика функцией $Y = f(X)$</i>	33
<i>Аналитическое задание объектов функции</i>	34
<i>Графическое задание объектов функции</i>	36
<i>Сочетание графического и аналитического задания функции</i>	37
Сохранение графика функции	38
Приложение	39

Введение

Основные положения

APM Spring – система комплексного расчета и проектирования пружин и упругих металлических элементов машин. Система разработана в НТЦ "Автоматизированное Проектирование Машин".

С помощью **APM Spring** можно рассчитать следующие типы пружин и упругих элементов:

- пружины сжатия (из проволоки круглого и квадратного сечения);
- пружины растяжения (из проволоки круглого и квадратного сечения);
- пружины кручения (из проволоки круглого и квадратного сечения);
- тарельчатые пружины;
- плоские прямоугольные пружины;
- торсионы;
- рессорные пружины.

APM Spring позволяет выполнить проектировочный и проверочный расчет, а также расчет по ГОСТ (для пружин сжатия и растяжения).

По результатам расчетов имеется возможность генерации чертежа в формате **APM Graph** (*.agr), а также текстового файла отчета и табличных данных.

Требования к аппаратному и программному обеспечению

Система **APM Spring** предназначены для работы в операционных средах семейства Windows (соответственно MS Windows Vista, 7, 8, 10 и Microsoft Windows Server 2008). Компьютер должен быть с двумя процессорами (ядрами), поддерживающие 64-х разрядную адресацию. Объем оперативной памяти - 4 Гбайта. Размер свободного пространства на жестком диске 500 Гбайт. Видеокарта Radeon или Nvidia с аппаратной поддержкой OpenGL.

Краткий путеводитель по руководству

Во **Введении** (настоящий раздел) приводятся общие сведения о назначении системы **APM Spring**, типах рассчитываемых пружин, а также системные требования системы к аппаратному и программному обеспечению.

Глава 1. Упругие элементы – задачи и расчеты, содержит классификацию упругих элементов, рассчитываемых **APM Spring**. Приводится описание задач и видов расчетов, а также некоторые теоретические сведения.

Глава 2. Исходные данные и результаты - приводит все основные и дополнительные исходные данные и результаты расчета для каждого из типа пружины и расчета.

Глава 3. Интерфейс APM Spring - знакомит пользователя с основными элементами интерфейса. В главе приводится описание главного окна системы а также справочник всех команд главного и пиктографического меню.

Глава 4. Как работать с системой APM Spring - содержит полное руководство по работе с системой. В главе приводится последовательное описание типичного сеанса работы с **APM Spring**. Показано как выполняются основные операции - ввод исходных данных, выполнение расчетов, просмотр и сохранение результатов, генерация чертежа.

Глава 5. Дополнительные возможности APM Spring приводит описание работы с базами данных материалов, описание файла инициализации системы WINSPRIN.INI, а также синтаксис вызова **APM Spring** из командной строки.

Глава 6. Редактор функций включает описание возможностей специализированного редактора функций для задания параметров материала пользователем.

Глава 1. Упругие элементы – задачи и расчеты

Основные термины и определения

Упругими элементами называют детали, имеющие высокую податливость при малых геометрических размерах. Напомним, что *податливость* определяется как деформация, возникающая под действием единичной нагрузки. Конструктивно, упругие элементы выполняются в виде пружин, торсионов, рессор, упругих резинотехнических изделий и изделий из специальных материалов.

Упругие элементы предназначены для демпфирования колебаний ударов и толчков. Они могут также аккумулировать энергию за счет упругих деформаций, создавать необходимую нагрузку и способны управлять этой нагрузкой. Зависимость деформации от нагрузки в дальнейшем принимается *линейной*. Нелинейные характеристики имеют место в тех случаях, когда пружины имеют нецилиндрическую форму.

С помощью *APM Spring* можно рассчитать упругие элементы семи наиболее часто используемых типов (рис. 1.1).

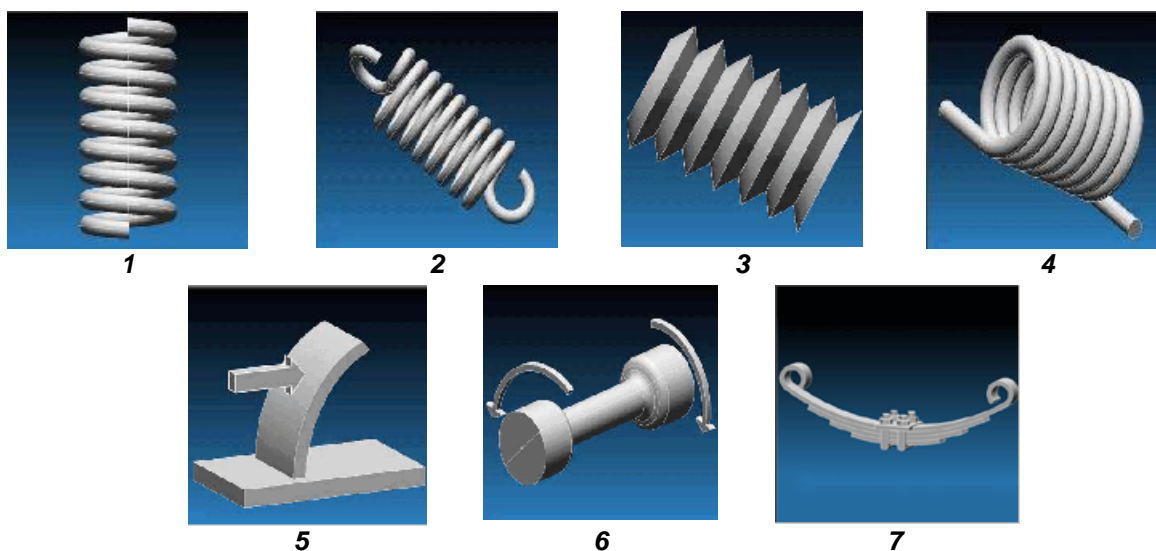


Рис. 1.1 Типы упругих элементов, рассчитываемые APM Spring:

1 - пружина сжатия, 2 - пружина растяжения, 3 - тарельчатая пружина, 4 - пружина кручения, 5 - плоская прямоугольная пружина, 6 – торсион, 7 – рессорная пружина.

В зависимости от выполняемых функций выделяют пружины *сжатия*, *растяжения*, *кручения* и *изгиба*.

Обычно для изготовления пружин используется проволока круглого сечения, вместе с тем в отдельных случаях может применяться проволока прямоугольного либо квадратного сечения. Круглое сечение характеризуется диаметром, квадратное – стороной квадрата. *Пружины прямоугольного сечения в APM Spring не рассматриваются.*

Диаметр пружины – диаметр цилиндра, на который навивается проволока.

Число рабочих витков – количество витков, необходимое для обеспечения требуемой деформации.

Шаг пружины – расстояние между соседними виткам пружины.

Опорными или *поджатыми* называются витки, расстояние между которыми меньше шага. Они располагаются на концах пружины. Количество опорных витков по умолчанию принимается равным 0.

Полное число витков – сумма опорных и рабочих витков пружины.

Обработанные (например, шлифованные) *витки* – это обработанные опорные витки. Все обработанные витки являются опорными, но не все опорные витки являются обработанными. Обработывают обычно половину или 3/4 дуги окружности витка. Следовательно, общее число обработанных витков может быть 0 (нет обработанных витков), 1 (обработано по 0.5 окружности с каждой стороны), 1.5 (обработано по 3/4 окружности с каждой стороны). Количество обработанных витков по умолчанию принимается равным 0.

Число обработанных витков используется для определения длины при максимальной деформации. Число опорных витков используется для определения полного числа витков и других параметров. На отрисовку пружин эти введенные параметры не влияют, пользователь сам выбирает необходимый вид окончания пружины сжатия.

Угол навивки пружины называется *углом наклона винтовой линии*. Пружины сжатия навиваются с зазором между витками, величина которого составляет 15% от диаметра проволоки пружины в условиях полного сжатия. Пружины растяжения и кручения навивают без осевого зазора.

Типы расчетов

APM Spring позволяет выполнить проверочные, проектировочные расчеты, а также для пружин сжатия и растяжения расчеты по ГОСТ 13765-86. В APM Spring выполняются статические расчеты, расчеты на выносливость и устойчивость.

Статические расчеты включают определение прочности и жесткости и выполняются, как правило, в виде проектировочных расчетов. Расчеты на выносливость проводятся в случае переменного характера внешнего нагружения и сводятся к определению коэффициента запаса усталостной прочности. При большой длине пружины возникает опасность потери продольной устойчивости пружины, т.е. выпучивание пружины в сторону.

Под *проектировочным* расчетом понимается расчет статической прочности и жесткости, в результате которого определяются геометрические параметры упругих элементов машин при заданных значениях коэффициентов запаса, внешних нагрузок и перемещений.

При *проверочном* расчете заданными считаются внешние геометрические размеры, а решение сводится к определению коэффициентов запаса статической, а в случае переменной нагрузки, и усталостной прочности.

При *расчете по ГОСТ 13765-86* (возможен только для пружин растяжения и сжатия) заданными считаются силы рабочей и предварительной деформации пружины, рабочий ход, класс и разряд. В результате расчета определяются геометрические параметры пружин, напряжения и энергия, накапливаемая пружиной. Внешний диаметр пружин, диаметр проволоки и некоторые другие параметры подбираются из базы данных, составленной на основе ГОСТ 13766, ГОСТ 13776.

Геометрические характеристики некоторых типов пружин и механические характеристики пружинных материалов могут быть взяты из базы данных.

При статическом расчете прочности определяются действующие напряжения, которые сравниваются с допускаемыми. Значения допускаемых напряжений, используемые в системе, вычисляются на основании **графика зависимости предела прочности на растяжение от диаметра проволоки**, заданного для каждого материала. Данные графики получены усреднением данных из различных источников и могут корректироваться пользователем. **Для корректировки графиков необходимо выбрать пункт меню *Материал...* или нажать кнопку *База данных материалов* в основном окне программы, а затем, выбрав необходимый материал, нажать кнопку *Редактировать*.**

В том случае если пользователю известны более точные значения допустимых напряжений и эти значения существенно отличаются от значений, принятых в APM Spring, их можно скорректировать. Для корректировки допустимых напряжений нужно выбрать кнопку *Еще* в диалоговом окне *Основные Параметры* (рис. 1.2) или нажать кнопку *Дополнительные параметры* в основном окне программы.

Кнопка *Еще* вызывает на экран окно для ввода дополнительных параметров. По умолчанию для дополнительных параметров используются значения, рекомендуемые в технической литературе.

Под действующими напряжениями понимаются:

- напряжения *сдвига* при расчете пружин *сжатия, растяжения и торсионов*;
- *нормальные* напряжения изгиба при расчете пружин *кручения, пружин изгиба, тарельчатых пружин и рессор*.

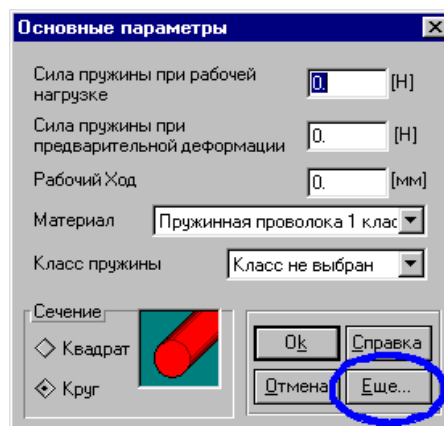


Рис. 1.2. Окно ввода исходных данных.

Исходные данные

Исходные данные по каждому типу пружины и типу расчета представлены в главе 2.

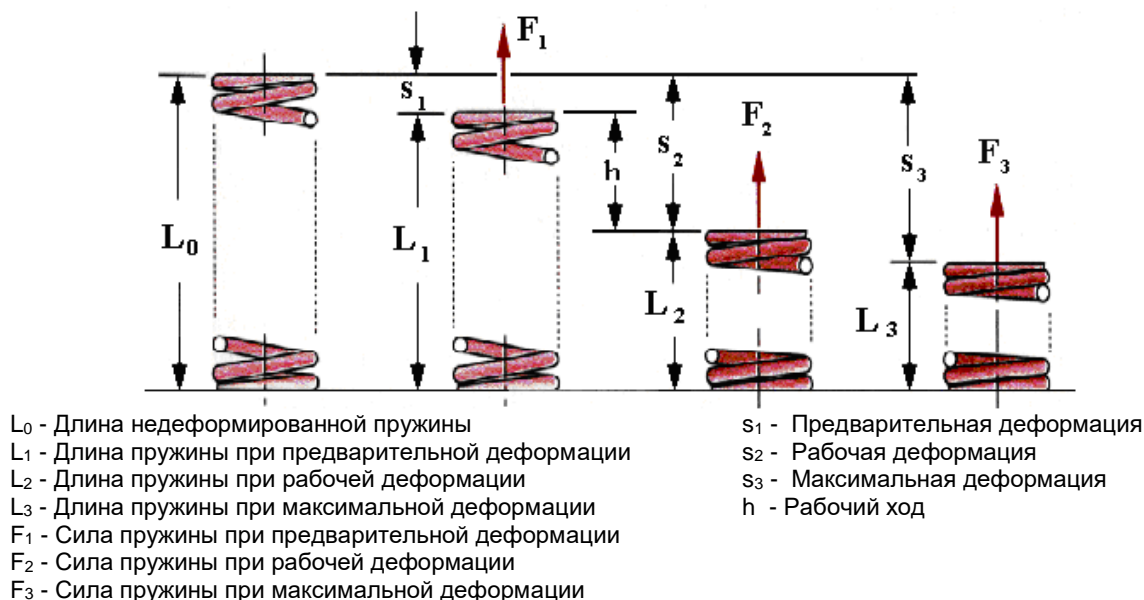


Рис. 1.3 Пример параметров пружины.

Среднее усилие, H – средняя нагрузка, приложенная к пружине.

Максимальная сила, H – максимальная нагрузка, приложенная к пружине.

Минимальная сила, H – минимальная нагрузка, приложенная к пружине. Равна 0 при статическом нагружении.

Запас прочности – коэффициент запаса статической прочности материала пружины.

Смещение, мм – прогиб под максимальной нагрузкой (при динамическом нагружении) либо под номинальной нагрузкой (при статическом нагружении).

Средний момент, $H \cdot m$ – средний момент, приложенный к опорным виткам пружины кручения либо к захватам торсиона.

Максимальный момент, $H \cdot m$ – максимальный момент, приложенный к опорным виткам пружины кручения либо к захватам торсиона.

Минимальный момент, $H \cdot m$ – минимальный момент, приложенный к опорным виткам пружины кручения либо к захватам торсиона. Равен 0 при статической нагрузке.

Угол закручивания, град – угол закручивания пружины под максимальной нагрузкой (при динамическом нагружении) либо под номинальной нагрузкой (при статическом нагружении).

Рабочий ход, мм – деформация пружины при рабочей нагрузке минус деформация пружины при предварительной нагрузке.

Класс пружины (таблица 1.1) характеризует режим нагружения и выносливости, а также определяет основные требования к материалам и технологии изготовления.

Разряды пружин по ГОСТ 13764-86 (см. Приложение) отражают сведения о диапазонах сил, марках применяемых пружинных сталей, а также о нормативах по допускаемым напряжениям.

Таблица 1.1 – Классы пружин (ГОСТ 13764-86)

Класс пружин	Вид пружины	Нагружение	Выносливость N_f (установленная безотказная наработка), циклы, не менее	Инерционное соударение витков
1	Сжатия и растяжения	Циклическое	$1 \cdot 10^7$	Отсутствует
2		Циклическое и статическое	$1 \cdot 10^5$	
3	Сжатия	Циклическое	$2 \cdot 10^3$	Допускается

Примечание. Указанная выносливость не распространяется на зацепы пружин растяжения

Параметры геометрии

При проектировочном расчете можно ввести ограничения на диаметр проволоки и диаметр пружины. Эти ограничения вводятся в окне *Дополнительные Параметры*, которое вызывается из окна *Основные Параметры* выбором кнопки *Еще...* Система выбирает такие значения диаметра и индекса пружины, которые не превышают введенных ограничений.

Индекс пружины (характеристика пружины) - отношение диаметра пружины к диаметру поперечного сечения проволоки из которой эта пружина изготовлена.

Индекс пружины круглого поперечного сечения принимается согласно таблице 1.2. В случае квадратного поперечного сечения проволоки используются те же значения, в этом случае W_d – сторона квадрата.

Средний диаметр пружины, мм – диаметр цилиндра, на который навивается проволока. Для тарельчатой пружины - допустимое значение наружного диаметра.

Диаметр проволоки, мм - диаметр проволоки круглого поперечного сечения.

Сторона квадрата, мм - сторона квадратного поперечного сечения проволоки.

При проектировочном расчете должен быть задан только 1 из трех параметров: индекс, диаметр пружины либо диаметр проволоки.

Длина пружины, мм – длина пружины в отсутствие нагрузки.

Число рабочих витков – число витков, участвующих в процессе деформации пружины.

Число опорных витков – как ни странно, число опорных витков пружины. По умолчанию принимается равным 0.

Коэффициент относительного зазора (или просто – относительный инерционный зазор) – для пружин первого и второго класса обычно выбирается в диапазоне от 0.05 до 0.25. Для пружин третьего класса – от 0.1 до 0.4.

Число обработанных витков – число обработанных витков пружины. Выбирается одно из трех: 0; 1; 1.5. 0 – пружина срезана и оканчивается целым необработанным витком; 1 – с каждой стороны обработано по 1/2 витка; 1.5 - с каждой стороны обработано по 3/4 витка.

Таблица 1.2 – Индекс пружины

Диаметр проволоки W_d , мм	Индекс пружины
$W_d < 2.5$	8
$2.5 < W_d < 5$	7
$W_d > 5$	6

Материалы

В *APM Spring* реализована система добавления новых материалов и редактирования свойств уже заданных (только для проектировочного и проверочного расчетов). Параметры материала задаются графиком зависимости предела прочности на растяжение от диаметра проволоки. Материалы для расчета по ГОСТ жестко заданы, их свойства нельзя редактировать и они отличаются от материалов, доступных при проектировочном и проверочном расчете.

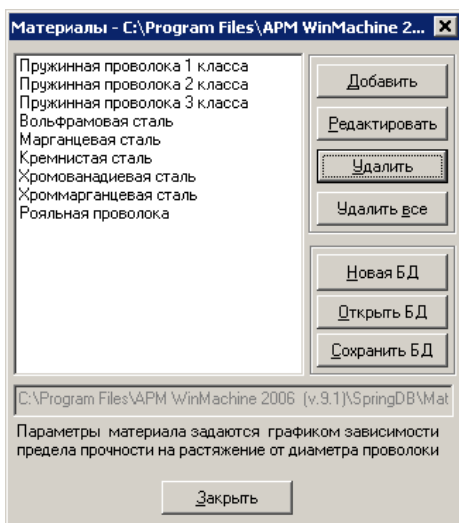


Рис. 1.4. Окно редактирования базы данных материалов

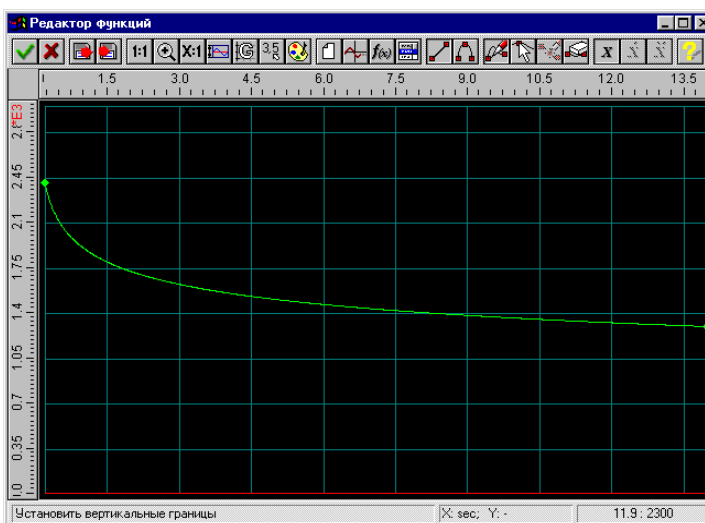


Рис. 1.5 Окно редактора функций. График зависимости предела прочности от диаметра проволоки.

Параметры материала

Допускаемое напряжение сдвига (τ_a) – параметр материала пружины, равный отношению предела прочности сдвига к коэффициенту запаса статической прочности. Для пружин первого

класса $\tau_a = (0.25 \div 0.3) \sigma_b$, где σ_b – предел прочности на растяжение, для пружин второго класса $\tau_a = (0.45 \div 0.5) \sigma_b$, третьего – $\tau_a = 0.6 \sigma_b$.

Модуль упругости (E) – модуль упругости при растяжении или модуль Юнга материала пружины.

Коэффициент Пуассона (μ) – коэффициент Пуассона материала пружины. Используется для определения модуля упругости при сдвиге $G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu)}$.

Результаты

Результаты расчета по каждому типу пружины и типу расчета представлены в главе 2.

Данные по тарельчатым пружинам хранятся во встроенной базе данных. При расчетах программа выбирает в качестве результата ближайшую по характеристикам пружину из числа имеющихся в базе данных. База данных является открытой, пользователь может добавлять в нее новые объекты.

Для винтовых пружин реализована проверка на устойчивость; если расчеты показывают, что условие устойчивости не выполняется, в диалоговом окне *Результаты* сообщается о потере устойчивости.

Расчет по ГОСТ 13765-86

Исходные данные

Класс пружины указывается в соответствии с таблицей 1.1, разряд пружины – см. приложение. Материалы для данного вида расчетов жестко заданы, их свойства нельзя редактировать и они отличаются от материалов, доступных при проектировочном и проверочном расчете. Выбор материалов зависит от определенного ранее класса и разряда пружины согласно приложению.

Особенности дополнительных параметров:

Наибольшая скорость перемещения – это наибольшая скорость перемещения подвижного конца пружины при нагружении или при разгрузке. Если Вы задаете этот параметр отличным от нуля, рассчитывается критическая скорость пружины (V_k) и отношение V_{\max}/V_k . Если это соотношение больше 1, то имеет место соударение витков, что отражается в результатах расчета.

Относительный инерционный зазор по умолчанию принимается следующим образом: для пружин сжатия 1-ого и 2-ого класса его минимальное значение 0.05, а максимальное 0.25; для пружин растяжения минимальное 0.05, максимальное 0.1; для 3-его класса минимальное значение 0.15, максимальное 0.4. Если Вы задаете этот параметр в окне *Дополнительные параметры* отличным от нуля, то это число присваивается и максимальному и минимальному значениям относительного инерционного зазора.

Общие положения расчета

На основе силы пружины при рабочей деформации и относительного инерционного зазора, принятого для данного класса и типа пружины вычисляется максимальное и минимальное значение *силы пружины при максимальной деформации* F_3 [Н]. Далее из базы данных, составленной на основе ГОСТ 13766 и ГОСТ 13776, берется внешний диаметр, диаметр проволоки и некоторые другие параметры для всех пружин, сила F_3 которых лежит в рассчитанном диапазоне ($F_{3 \min} \leq F_3 \leq F_{3 \max}$). Затем, по формулам ГОСТ 13765, рассчитываются остальные параметры для каждой пружины.

Влияние дополнительных параметров на результаты расчета

Если **задан внешний диаметр**, то из найденных по диапазону силы F_3 пружин берутся только те, у которых наружный диаметр соответствует заданному. Если таких пружин нет, берутся пять или менее пружин с диаметром, наименее отличающимся от заданного (в меньшую сторону).

Если **задан диаметр проволоки**, то из найденных по диапазону силы F_3 пружин берутся только те, у которых диаметр проволоки соответствует заданному. Если таких пружин нет, то выдается сообщение об этом и берется до пяти пружин с диаметром, наиболее близким к заданному (но меньше его).

Если одновременно **заданы и внешний диаметр и диаметр проволоки**, то ищется пружина с точно такими же параметрами. Если такой пружины нет, то выдается сообщение об ошибке.

Заданные *числа обработанных и опорных витков* оказывают влияние только в рамках формул, в которых они присутствуют, а также на чертеж пружины. Число опорных витков не должно превышать 2.

О влиянии заданной наибольшей скорости перемещения уже было сказано выше.

При задании относительного инерционного зазора $F_{3 \min}$ становится равным $F_{3 \max}$ следовательно, пружина ищется не в рамках диапазона силы F_3 , а по конкретному значению. Если пружины с данным значением силы F_3 нет в базе, то берутся те пружины для которых сила F_3 наименее отличается от заданной (в большую сторону).

Глава 2. Исходные данные и результаты



Пружина сжатия

Проектировочный расчет	Проверочный расчет	Расчет по ГОСТ 13765-86
Основные данные		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Сила при рабочей нагрузке, [Н] 2. Сила при предварит. деформации, [Н] 3. Класс пружины, [-] 4. Материал 		
<ol style="list-style-type: none"> 5. Рабочий ход, [мм] 6. Сечение (круг или квадрат) 	<i>Параметры геометрии:</i> <ol style="list-style-type: none"> 5. Длина пружины в свободном состоянии, [мм] 6. Число рабочих витков, [-] 7. Средний диаметр пружины, [мм] 8. Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм] 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Рабочий ход, [мм] 6. Разряд пружины, [-]
Дополнительные данные		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Число рабочих витков, [-] 2. Число опорных витков, [-] 		
<ol style="list-style-type: none"> 3. Средний диаметр пружины, [мм] 4. Индекс пружины, [-] 5. Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм] 6. Число обработанных витков, [-] 7. Коэффициент относительного зазора, [-] 8. Допускаемое напряжение сдвига, [МПа] 9. Модуль упругости, [МПа] 10. Коэффициент Пуассона, [-] 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Допускаемое напряжение сдвига, [МПа] 4. Предел выносливости, [МПа] 5. Модуль упругости, [МПа] 6. Коэффициент Пуассона, [-] 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Наружный диаметр пружины, [мм] 4. Диаметр проволоки, [мм] 5. Наибольшая скорость перемещения, [м/с] 6. Относительный инерционный зазор, [-]
Результаты		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Средний диаметр пружины, [мм] 2. Наружный диаметр пружины, [мм] 3. Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм] 4. Число рабочих витков, [-] 5. Длина пружины в свободном состоянии, [мм] 6. Длина пружины при предварительной нагрузке, [мм] 7. Длина пружины при рабочей нагрузке, [мм] 8. Длина пружины при максимальной нагрузке, [мм] 9. Длина развертки пружины, [мм] 10. Длина заготовки пружины, [мм] 11. Шаг в свободном состоянии, [мм] 12. Деформация при предварительной нагрузке, [мм] 13. Деформация при рабочей нагрузке, [мм] 14. Деформация при максимальной нагрузке, [мм] 15. Потенциальная энергия, [Дж] 		
<ol style="list-style-type: none"> 16. Фактический индекс пружины, [-] 17. Сила при максимальной деформации, [Н] 18. Рабочий ход, [мм] 19. Шаг в нагруженном состоянии, [мм] 20. Угол подъема винтовой 	<ol style="list-style-type: none"> 16. Фактический индекс пружины, [-] 17. Сила при максимальной деформации, [Н] 18. Рабочий ход, [мм] 19. Шаг в нагруженном состоянии, [мм] 20. Угол подъема винтовой 	<ol style="list-style-type: none"> 16. Номер позиции по ГОСТ 17. Жесткость, с, [Н/мм] 18. Полное число витков, n1, [-] 19. Число обработанных витков, n3, [-] 20. Напряжение при рабочей деформации, [МПа]

линии, [град] 21. Допускаемое напряжение сдвига, [МПа] 22. Критическая скорость, [м/с]	линии, [град] 21. Допускаемое напряжение сдвига, [МПа] 22. Критическая скорость, [м/с] 23. Коэффициент запаса на выносливость, [-] 24. Коэффициент запаса статической прочности, [-] 25. Устойчивость пружины, [-]	21. Максимальное касательное напряжение пружины, [МПа]
--	--	---



Пружина растяжения

Проектировочный расчет	Проверочный расчет	Расчет по ГОСТ 13765-86
Основные данные		
<ol style="list-style-type: none"> Сила при рабочей нагрузке, [Н] Сила при предварительной деформации, [Н] Класс пружины, [-] Материал 		
<ol style="list-style-type: none"> Рабочий ход, [мм] Сечение (круг или квадрат) 	<i>Параметры геометрии:</i> <ol style="list-style-type: none"> Длина пружины в свободном состоянии, [мм] Число рабочих витков, [-] Средний диаметр пружины, [мм] Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм] 	<ol style="list-style-type: none"> Рабочий ход, [мм] Разряд пружины, [-]
Дополнительные данные		
<ol style="list-style-type: none"> Средний диаметр пружины, [мм] Индекс пружины, [-] Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм] Число рабочих витков, [-] Длина зацепов, [мм] Коэффициент относит. зазора, [-] Допускаемое напряжение сдвига, [МПа] Модуль упругости, [МПа] Коэффициент Пуассона, [-] 	<ol style="list-style-type: none"> Допускаемое напряжение сдвига, [МПа] Предел выносливости, [МПа] Длина зацепов, [мм] Модуль упругости, [МПа] Коэффициент Пуассона, [-] 	<ol style="list-style-type: none"> Наружный диаметр пружины, [мм] Диаметр проволоки, [мм] Относительный инерционный зазор, [-]
Результаты		
<ol style="list-style-type: none"> Средний диаметр пружины, [мм] Наружный диаметр пружины, [мм] Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм] Число рабочих витков, [-] Длина пружины в свободном состоянии, [мм] Длина пружины при предварительной нагрузке, [мм] Длина пружины при рабочей нагрузке, [мм] Длина пружины при макс. нагрузке, [мм] Длина развертки пружины, [мм] Длина заготовки пружины, [мм] Шаг в свободном состоянии, [мм] Деформация при предварительной нагрузке, [мм] Деформация при рабочей нагрузке, [мм] Деформация при максимальной нагрузке, [мм] Потенциальная энергия, [Дж] 		
<ol style="list-style-type: none"> Фактический индекс пружины, [-] 	<ol style="list-style-type: none"> Фактический индекс пружины, [-] 	<ol style="list-style-type: none"> Номер позиции по ГОСТ Жесткость, с, [Н/мм]

<p>17. Сила при максимальной деформации, [Н]</p> <p>18. Рабочий ход, [мм]</p> <p>19. Шаг в нагруженном состоянии, [мм]</p> <p>20. Угол подъема винтовой линии, [град]</p> <p>21. Допустимое напряжение сдвига, [МПа]</p>	<p>17. Сила при максимальной деформации, [Н]</p> <p>18. Рабочий ход, [мм]</p> <p>19. Шаг в нагруженном состоянии, [мм]</p> <p>20. Угол подъема винтовой линии, [град]</p> <p>21. Допустимое напряжение сдвига, [МПа]</p> <p>22. Коэффициент запаса на выносливость, [-]</p> <p>23. Коэффициент запаса статической прочности, [-]</p> <p>24. Устойчивость пружины, [-]</p>	<p>18. Полное число витков, n_1, [-]</p> <p>19. Напряжение при рабочей деформации, [МПа]</p> <p>20. Максимальное касательное напряжение пружины, [МПа]</p>
--	---	---



Тарельчатая пружина

Проектировочный расчет	Проверочный расчет
Основные данные	
<p>1. Класс пружины, [-]</p> <p>2. Тип пружины (без/с опорной поверхности)</p>	
<p>3. Сила при рабочей нагрузке, [Н]</p> <p>4. Сила при предварит. деформации, [Н]</p> <p>5. Рабочий ход, [мм]</p>	<p>3. Максимальная сила, [Н]</p> <p>4. Минимальная сила, [Н]</p> <p>5. Количество пружин, [-]</p> <p><i>Параметры геометрии (выбор из базы данных):</i></p> <p>6. Наружный диаметр пружины, [мм]</p> <p>7. Диаметр отверстия, [мм]</p> <p>8. Высота, [мм]</p> <p>9. Толщина, [мм]</p>
Дополнительные данные	
<p>1. Модуль упругости, [МПа]</p> <p>2. Коэффициент Пуассона, [-]</p>	
Результаты	
<p>Подбор варианта по ГОСТ 3057-90.</p> <p>1. Количество пружин</p> <p>2. Наружный диаметр пружины, [мм]</p> <p>3. Диаметр отверстия, [мм]</p> <p>4. Высота, [мм]</p> <p>5. Толщина, [мм]</p> <p>6. Максимальное перемещение, [мм]</p> <p>7. Полное перемещение, [мм]</p>	<p>1. Перемещение при максимальной силе, [мм]</p> <p>2. Перемещение при минимальной силе, [мм]</p> <p>3. Напряжение в точке 1, [МПа]</p> <p>4. Напряжение в точке 2, [МПа]</p> <p>5. Напряжение в точке 3, [МПа]</p> <div style="text-align: center;"> </div>

Подбор вариантов по ГОСТ 3057-90 для проектировочного расчета и задание геометрических параметров для проверочного расчета осуществляется из базы данных APM Mechanical: Стандарты – ГОСТ – Пружины – Тарельчатые пружины – Данные для расчетных модулей – ... При необходимости эти данные могут быть изменены в системе APM Base.



Пружина кручения

Проектировочный расчет	Проверочный расчет
Основные данные	
<p>1. Момент при рабочей нагрузке, [Нм]</p> <p>2. Момент предварит. деформации, [Нм]</p> <p>3. Класс пружины, [-]</p> <p>4. Материал</p> <p>5. Сечение (круг или квадрат)</p>	
<p>6. Рабочий угол закручивания, [град]</p>	<p><i>Параметры геометрии:</i></p>

	6. Длина пружины, [мм] 7. Число рабочих витков, [-] 8. Средний диаметр пружины, [мм] 9. Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм]
Дополнительные данные	
	1. Длина прицепов, [мм] 2. Допускаемое нормальное напряжение, [МПа] 3. Модуль упругости, [МПа]
4. Средний диаметр пружины, [мм] 5. Индекс пружины, [-] 6. Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм]	4. Предел прочности, [МПа] 5. Предел выносливости растяжения, [МПа] 6. Шаг в свободном состоянии, [мм]
Результаты	
	1. Индекс пружины, [-] 2. Средний диаметр пружины, [мм] 3. Наружный диаметр пружины, [мм] 4. Диаметр проволоки (сторона квадрата), [мм] 5. Число рабочих витков, [-] 6. Длина пружины, [мм] 7. Шаг пружины, [мм] 8. Угол подъема винтовой линии, [град] 9. Рабочий угол закручивания, [град] 10. Угол закручивания при предварительной нагрузке, [град] 11. Угол закручивания при рабочей нагрузке, [град] 12. Предельный угол закручивания, [град] 13. Угол между зацепами при предварительной нагрузке, [град] 14. Угол между зацепами при рабочей нагрузке, [град] 15. Угол между зацепами при макс. нагрузке, [град] 16. Предельный угол закручивания из условия устойчивости, [град] 17. Максимальный момент, [Нм] 18. Длина развертки пружины, [мм] 19. Длина заготовки пружины, [мм] 20. Диаметр после закручивания, [мм] 21. Потенциальная энергия, [Дж] 22. Допуск. норм. напряжение, [МПа]
	23. Коэффициент запаса статической прочности, [-] 24. Коэффициент запаса на выносливость, [-] 25. Устойчивость пружины, [-]



Плоская пружина

<i>Проектировочный расчет</i>	<i>Проверочный расчет</i>
Основные данные	
	1. Максимальная сила, [Н] 2. Длина пластины, [мм] 3. Толщина пластины, [мм] 4. Материал
5. Коэффициент запаса, [-]	5. Минимальная сила, [Н] 6. Ширина пластины, [мм]
Дополнительные данные	
	1. Предел текучести при растяжении, [МПа] 2. Предел выносливости растяжения, [МПа] 3. Модуль упругости, [МПа]
Результаты	
	1. Ширина пластины, [мм]
2. Рабочий ход, [мм]	2. Перемещение при максимальной силе, [мм]

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Амплитуда напряжения, [МПа] 4. Среднее напряжение, [МПа] 5. Коэффициент запаса на выносливость, [-] 6. Коэффициент запаса по текучести, [-] 7. Коэффициент асимметрии цикла, [-]
--	---



Торсион

<i>Проектировочный расчет</i>	<i>Проверочный расчет</i>
Основные данные	
1. Материал	
<ol style="list-style-type: none"> 2. Средний момент, [Нм] 3. Рабочий угол закручивания, [град] 4. Коэффициент запаса, [-] 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Максимальный момент, [Нм] 3. Минимальный момент, [Нм] 4. Диаметр торсиона, [мм] 5. Длина торсиона, [мм]
Дополнительные данные	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Предел текучести при сдвиге, [МПа] 2. Модуль упругости, [МПа] 3. Коэффициент Пуассона, [-] 	
	<ol style="list-style-type: none"> 4. Предел выносливости сдвига, [МПа] 5. Коэффициент концентрации сдвига, [-]
Результаты	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Диаметр торсиона, [мм] 2. Длина торсиона, [мм] 	
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Диаметр торсиона, [мм] 4. Длина торсиона, [мм] 5. Коэффициент запаса статической прочности, [-] 6. Коэффициент запаса на выносливость, [-] 7. Угол закручивания при рабочей нагрузке, [град] 8. Угол закручивания при предварительной нагрузке, [град]



Рессорная пружина

<i>Проектировочный расчет</i>	
Основные данные	Дополнительные данные
<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина пружины, [мм] 2. Статическая нагрузка, [Н] 3. Требуемая жесткость рессоры, [Н/мм] 4. Допускаемое напряжение в статике, [МПа] 5. Материал 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Толщина пластины, [мм] 2. Ширина пластин, [мм] 3. Количество пластин, [-] 4. Модуль упругости, [МПа] 5. Количество пластин полной длины, [-]
Результаты	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Количество пластин, 2. Толщина пластины, [мм] 3. Ширина пластин, [мм] 4. Деформация, [мм] 5. Действующее напряжение, [МПа] 	

Глава 3. Интерфейс APM Spring

Общий вид

Система *APM Spring* предназначена для работы под управлением операционной системы *MS Windows* всех модификаций. Интерфейс пользователя *APM Spring* прост и понятен. Для изучения системы *APM Spring* и начала работы с ней Вам потребуется не более 1-2 сеансов. В этой главе описаны основные элементы пользовательского интерфейса программы. Общий вид системы *APM Spring* представлен на рис. 3.1. Описание всех команд меню приводится в справочнике.

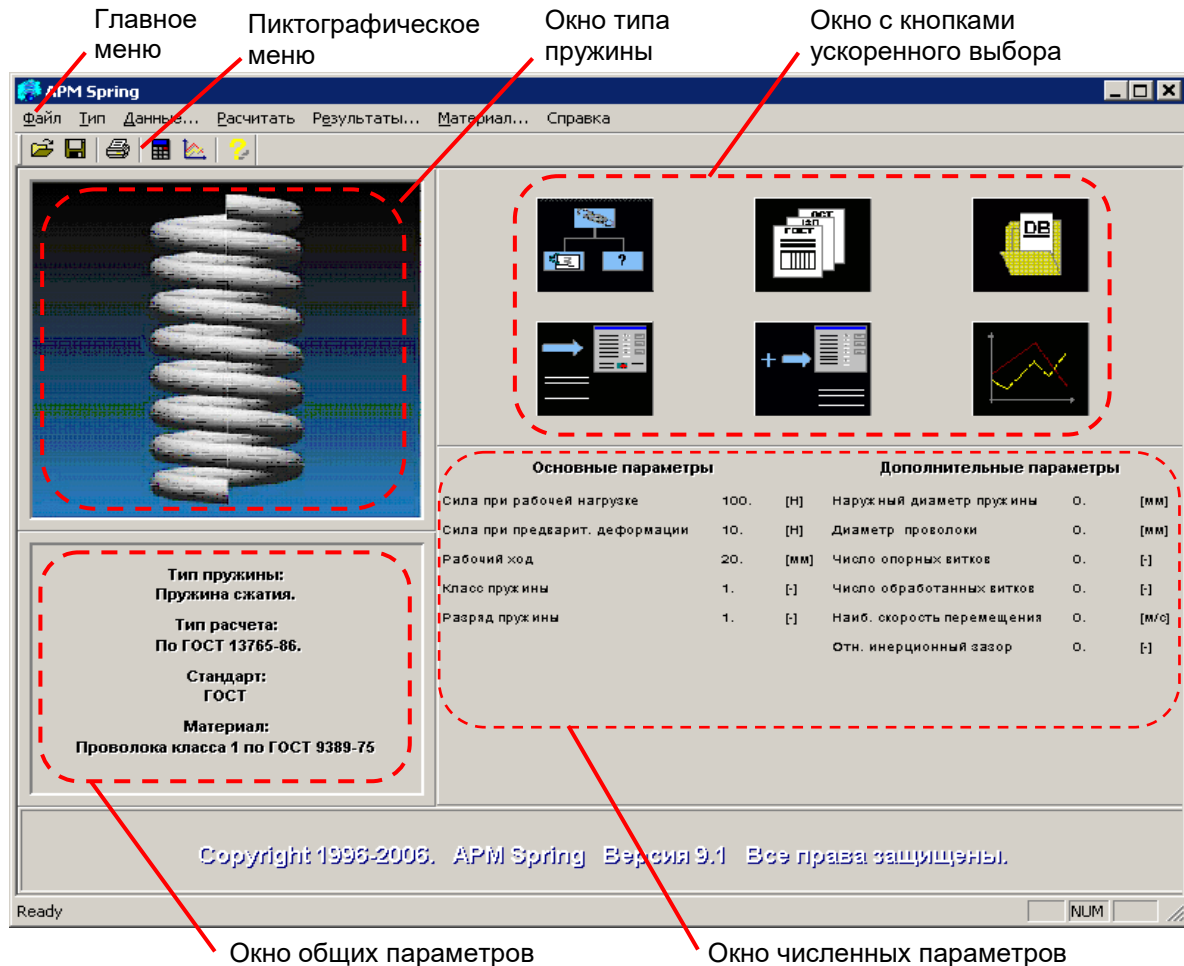


Рис. 3.1 Общий вид системы APM Spring.

Информационные окна

Информационные окна используются для того, чтобы отобразить исходные данные и состояние расчета. Эти окна присутствуют на экране постоянно: *Тип Пружины*, *Общие параметры*, *Численные параметры*, *Окно с кнопками ускоренного выбора* и *информация о программе*.

Окно «Тип Пружины»

Окно *Тип Пружины* расположено в левой верхней части экрана (рис. 3.1). В этом окне отображается пиктограмма пружины, которая рассчитывается в данный момент. Двойной щелчок в этом окне вызывает окно выбора типа пружины. Если пружина не выбрана, то центр окна занимает надпись: «Тип пружины не выбран».

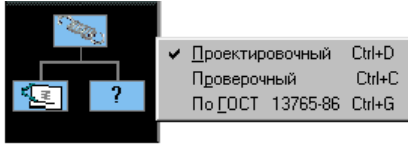



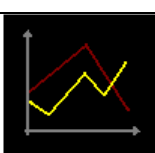
Окно «Общие параметры»

Это окно (рис. 3.1) используется для того, чтобы отобразить название типа пружины, типа расчета, стандарт и материал (для тарельчатых пружин - тип) пружины.

Окно с кнопками ускоренного выбора

Это окно расположено в правой верхней части главного окна программы и содержит шесть кнопок (таблица 3.1): выбор типа расчета, выбор стандарта, база данных по материалам, основные параметры, дополнительные параметры, результаты.

Таблица 3.1 – Кнопки ускоренного выбора

Пиктограмма	Описание кнопки
	Выбор типа расчета При нажатии появляется меню выбора типа расчета. Изменение типа расчета отображается в окне <i>общие параметры</i> . Если тип пружины не выбран, эта кнопка недоступна.
	Выбор стандарта (в данной версии не активна) При нажатии вызывается диалоговое окно <i>Стандарт</i> .
	База данных материалов При нажатии на нее вызывается диалоговое окно <i>Материалы</i> .
	Основные параметры При нажатии вызывается диалог ввода основных параметров пружины. Если тип пружины и тип расчета не задан, эта кнопка недоступна.
	Дополнительные параметры При нажатии вызывается диалог ввода дополнительных параметров пружины. Если тип пружины и тип расчета не задан, эта кнопка недоступна. Если какая-либо величина, необходимая для ввода дополнительных параметров не задана, система выдаст сообщение.
	Результаты При нажатии вызывается диалоговое окно с результатами расчета. Если расчеты не выполнены, эта кнопка недоступна.

Окно «Численные Параметры»

Это окно (рис. 3.1) используется для отображения исходных данных, описывающих параметры пружины. Окно разделено на две части: слева показываются основные данные (вводятся в диалоге *Основные параметры*), в правой части дополнительные (вводятся в диалоге *Дополнительные параметры*). Окно не требует от пользователя никаких действий. Если пружина и тип расчета не выбран, выводится надпись "НЕ ДОСТУПНО".

Окно «Информация о программе» показывает версию программы и лицензионную информацию.

Справочник команд

В этом разделе дается описание всех команд главного и пиктографического меню.

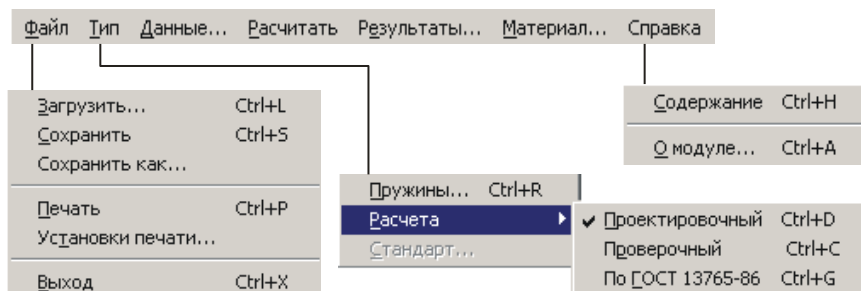




Рис. 3.2 Структура главного меню APM Spring.

Таблица 3.2 – Справочник команд APM Spring

Команда	Описание команды
 Файл Загрузить... (Ctrl+L)	Открытие файла <i>APM Spring</i> (*.spr).
 Файл Сохранить (Ctrl+S)	Сохранение исходных данных и результатов расчетов в файл <i>APM Spring</i> (*.spr).
Файл Сохранить как...	Сохранение исходных данных и результатов с запросом имени в файл (*.spr), текстовый файл (*.rtf, *.txt) или <i>Excel</i> (*.xls).
 Файл Печать...(Ctrl+P)	Вызов диалогового окна печати исходных данных и результатов расчета.
Файл Установки печати...	Вызов стандартного диалогового окна настройки печати.
Файл Выход (Ctrl+X)	Выход из системы <i>APM Spring</i> .
Тип Пружины (Ctrl+R)	Вызов диалогового окна выбора типа пружины.
Тип Расчета Проектировочный (Ctrl+D)	Выбор проектировочного типа расчета.
Тип Расчета Проверочный (Ctrl+C)	Выбор проверочного типа расчета.
Тип Расчета По ГОСТ 13765-86 (Ctrl+G)	Выбор типа расчета по ГОСТ.
Тип Стандарт	Выбор Стандарта (в данной версии не используется).
Данные...	Вызов диалогового окна ввода исходных данных.
 Рассчитать	Запуск расчета пружины.
 Результаты...	Вызов окна просмотра результатов.
Материал	Вызов диалогового окна со списком материалов.
 Справка Содержание (Ctrl+H)	Вызов содержания справки по <i>APM Spring</i>
Справка О модуле... (Ctrl+A)	Вывод окна с информацией об установленной версии <i>APM Spring</i> , разработчике и обладателе лицензии на программу.

Глава 4. Как работать с системой APM Spring

Начало работы

Запуск *APM Spring* осуществляется соответствующей командой меню Windows **Пуск | Программы | APM WinMachine |  APM Spring**. Группа **APM WinMachine** создается при установке системы. Запуск *APM Spring* возможен также из группы *Инженерный анализ* оболочки **APM Integrator**. Ярлык **APM Integrator** размещается после установки **APM WinMachine** на рабочем столе.

Чтобы рассчитать упругий элемент с помощью *APM Spring* необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбор типа пружины.
2. Выбор типа расчета.
3. Ввод основных и дополнительных исходных данных.
4. Выполнение расчета.
5. Просмотр результатов.
6. Создание рабочего чертежа.
7. Сохранение исходных данных и результатов расчета.

Для получения справочной информации по работе с системой воспользуйтесь командой **Справка | Содержание**. В появившемся оглавлении справочной системы выберете интересующий Вас раздел.

Замечание. Порядок выполнения расчета является достаточно строгим, то есть нельзя выбрать тип расчета пока не выбрана пружина, нельзя ввести исходные данные пока не выбран тип расчета и т.д. Последующие команды будут просто не активны и выбрать их невозможно.

Выбор типа пружины

Выбрать тип пружины можно тремя способами:

- выбрать команду меню **Тип | Пружина**;
- дважды щелкнуть мышкой в окне «Тип Пружины» (см. главу 3). Если тип пружины ранее не выбран в данном окне выводится соответствующее предупреждение;
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl + R**.

В появившемся диалоговом окне (рис. 4.1) выберете тип пружины и нажмите «Ок». Проконтролировать выбор можно по изображению упругого элемента, расположенному слева. Пиктограмма выбранного типа пружины появится в окне *Тип Пружины*, и соответствующая надпись появится в окне *Общие параметры*.

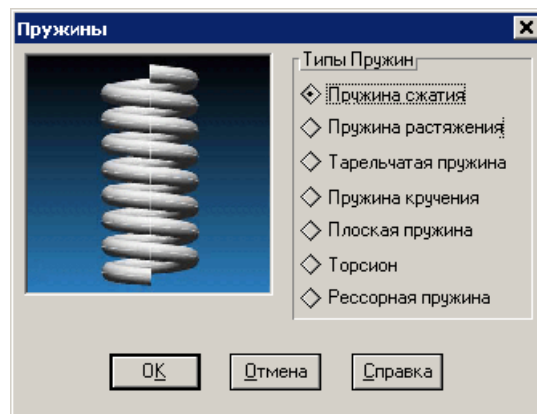


Рис. 4.1 – Диалоговое окно выбора типа пружины.

Выбор типа расчета

Выбрать тип расчета можно тремя способами:

- используя команду **Тип | Расчеты**, которая вызывает всплывающее меню **Тип Расчетов** и указать в нем нужный тип (проверочный, проектировочный или по ГОСТ 13765-86).
- щелкнуть левой кнопкой мыши по кнопке *Выбор типа расчета* (рис. 4.2) в основном окне программы.
- нажать одну из комбинаций клавиш:
 - Ctrl + D – проектировочный расчет;
 - Ctrl + C – проверочный расчет;
 - Ctrl + G – расчет по ГОСТ 13765.

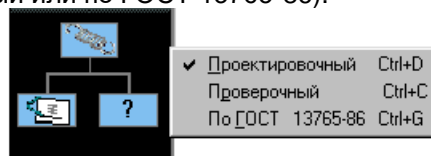


Рис. 4.2 Кнопка *Выбора типа расчетов*.

Ввод исходных данных

Чтобы ввести исходные данные следует выбрать команду **Данные...** либо щелкнуть мышкой по кнопке *Основные Параметры* (рис. 4.3) в главном окне программы. Появится окно ввода данных соответствующее выбранному типу пружин и типу расчетов.

На рисунке 4.5 показано окно ввода исходных данных проектировочного расчета пружины сжатия. В этом окне присутствует группа кнопок *Сечение* и список *Материал*. Выбранное сечение отображается в виде пиктограммы. В списке *Материал* Вы можете выбрать материал из текущей базы данных из которого должна быть изготовлена пружина. После того, как все параметры введены, нажмите кнопку *Ok* для подтверждения введенных данных.

Для ввода дополнительных данных нажмите кнопку *Дополнительные параметры* (рис. 4.4) в главном окне программы или кнопку *Еще...* диалогового окна *Основные параметры* (рис. 4.5). В появившемся диалоговом окне (рис. 4.6) введите дополнительные параметры и нажмите кнопку *Ok*.

Перечень основных и дополнительных параметров для каждого типа пружины и типа расчета приведен в главе 2.

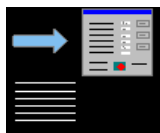


Рис. 4.3 Кнопка Основные параметры.

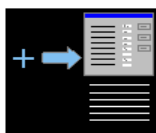


Рис. 4.4 Кнопка Дополнительные параметры.

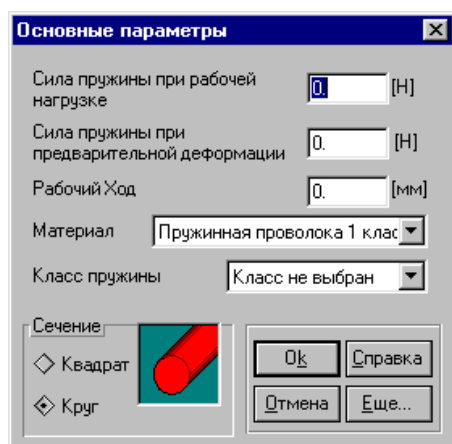


Рис. 4.5 Диалоговое окно ввода основных параметров.

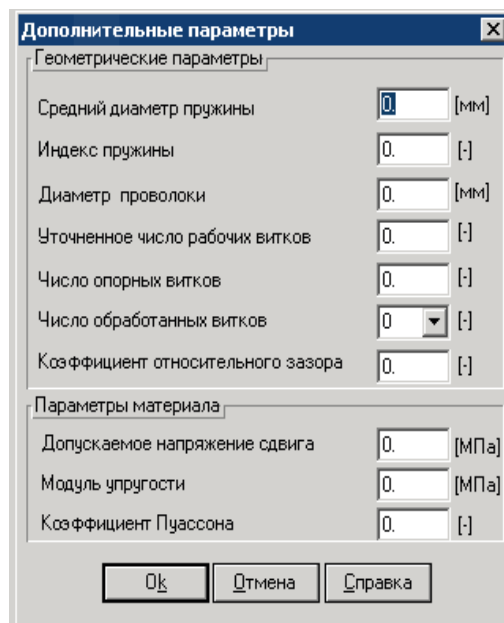


Рис. 4.6 Диалоговое окно ввода дополнительных параметров.

Если введены ошибочные данные (выходящие за пределы диапазона допустимых значений) появится сообщение об ошибке (рис. 4.7). Необходимо нажать *Ok* и исправить неверные значения.

Сразу после введения исходные данные будут отображены в информационных окнах *Общие параметры* и *Численные параметры*.

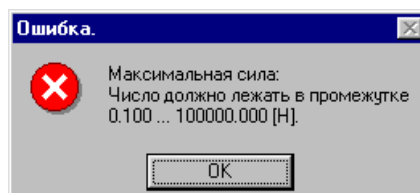



Рис. 4.7 Сообщение об ошибке при вводе исходных данных.


Выполнение расчета

После того, как введены все необходимые данные, можно выполнить расчет. Это можно сделать двумя способами:

- выбрав команду **Рассчитать** главного меню;
- нажать кнопку  пиктографического меню.

Просмотр результатов

Результаты доступны только после выполнения расчета, просмотреть их можно тремя способами:

- выбрать команду **Результаты...** в главном меню;
- нажать кнопку  пиктографического меню;
- нажать кнопку *Результаты* (рис. 4.8) в главном окне программы.

На экране появится диалоговое окно с результатами расчетов. Содержание окна зависит от типа пружины. На рисунке 4.9 показано окно с исходными данными и результатами расчета по ГОСТ пружины сжатия.

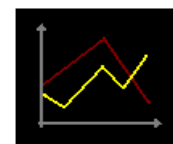


Рис. 4.8 Кнопка Результаты.

Исходные данные		Результаты					
Параметр пружины	Значение	Параметр пружины	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вар
Сила при рабочей нагруз...	100.	Номер позиции по ГОСТ	354.	355.	356.	357.	358
Сила при предварит. деф...	10.	Наружный диаметр D1, [мм]	9.5	12.	17.	21.	30.
Рабочий ход, [мм]	5.	Средний диаметр D, [мм]	7.9	10.2	15.2	18.8	27.!
Класс пружины, [-]	1.	Диаметр проволоки d, [мм]	1.6	1.8	1.8	2.2	2.5
Разряд пружины, [-]	1.	Жесткость c, [Н/мм]	18.6	17.65	18.6	17.31	18.4
Наружный диаметр пруж...	Не задано	Полное число витков n1, [-]	7.	5.5	2.5	2.	1.
Диаметр проволоки, [мм]	Не задано	Число рабочих витков n, [-]	7.	5.5	2.5	2.	1.
Число опорных витков, [-]	0.	Число обработанных витков n3, [-]	0.	0.	0.	0.	0.
Число обработанных вит...	0.	Длина при предварительной деф...	17.96	17.14	11.46	12.15	10.2
Наиб. скорость перемещ...	Не задано	Длина при рабочей деформации l...	13.12	12.04	6.62	6.95	5.3
Отн. инерционный зазор...	Не задано	Длина при максимальной дефор...	12.8	11.7	6.3	6.6	5.
Материал	Проволо...	Длина в свободном состоянии lo, ...	18.5	17.71	12.	12.73	10.1
		Длина развернутой пружины (есл...	176.96	179.52	121.6	120.32	88.
		Длина заготовки пружины, [мм]	189.35	192.09	130.11	128.74	94.
		Шаг в свободном состоянии t, [мм]	2.41	2.89	4.08	5.26	8.2
		Напряжение при рабочей деформ...	611.32	611.32	611.32	611.32	512
		Максимальное касательное напр...	648.	648.	648.	648.	543
		Деформация при предварительно...	0.54	0.57	0.54	0.58	0.5
		Деформация при рабочей нагруз...	5.38	5.67	5.38	5.78	5.4
		Деформация при максимальной ...	5.7	6.01	5.7	6.13	5.7

Рис. 4.9 Окно просмотра результатов.

Кнопка *Чертеж* и *Печать* вызывает окно выбора варианта для соответственно черчения и печати. Кнопка *Заккрыть* закрывает окно просмотра результатов. Система предлагает несколько вариантов расчета при расчете пружин сжатия и растяжения по ГОСТ 13765-86 и проектировочном расчете тарельчатых пружин (выбор по ГОСТ 3057-90).

Создание рабочего чертежа

После окончания расчета Вы можете создать рабочий чертеж пружины. Для создания чертежа Вам нужно проделать следующие действия:

1. Нажмите кнопку *Чертеж* окна просмотра результатов (рис. 4.9). Если в результатах рассчитано более одной пружины, то при нажатии кнопки появляется окно выбора варианта для черчения (рис. 4.10).
2. При появлении главного окна оформления чертежа (рис. 4.11) необходимо ввести параметры, характеризующие чертёж и конструктивное исполнение пружины.
3. Сохраните чертеж в формате *.agr (система *APM Graph* запустится автоматически).
4. Если необходимо, выполните окончательное редактирование чертежа в системе *APM Graph*. Печать чертежа возможна из графического редактора *APM Graph*.
5. Выйдите из системы *APM Graph* для продолжения работы с *APM Spring*.

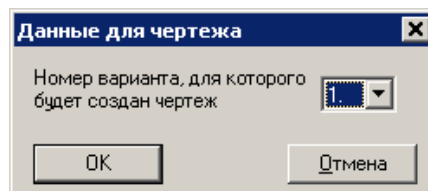


Рис. 4.10 Окно выбора варианта для черчения.

Ввод параметров чертежа

В главном окне подсистемы генерации чертежей (рис. 4.11) можно выделить несколько зон, каждая из которых отвечает за свою группу параметров.

- Зона 1 – Штмп (главная надпись чертежа).
- Зона 2 – Исполнение пружины (построение).
- Зона 3 – Технические требования.

Соответствующая зона может быть выбрана двойным щелчком левой кнопки мыши либо с помощью клавиш «Tab» и «ПРОБЕЛ». Активизированная зона выделяется пунктирной рамкой. При нажатии «Enter» или «ПРОБЕЛ» появляется окно, соответствующее выбранной зоне и типу пружины. Все команды пиктографического меню дублируются командами обычного меню.

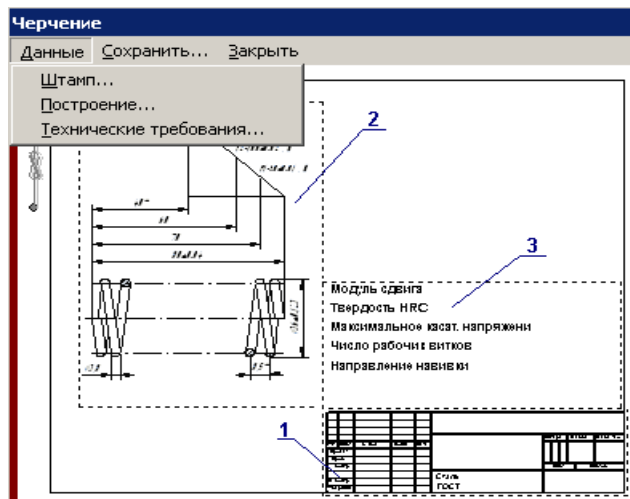


Рис. 4.11 Главное окно подсистемы генерации чертежа.

Заполнение штампа

Диалоговое окно *Заполнение штампа* (рис. 4.12) Вы можете открыть, дважды кликнув мышкой по изображению штампа (зона 1) в главном окне генерации чертежей или выбрав команду **Данные | Штамп**.

Рис. 4.12 Диалоговое окно заполнения штампа чертежа.

Используя этот диалог, вы можете заполнить все необходимые поля штампа, а также подобрать или установить масштаб и формат будущего чертежа. При автоматической генерации чертежа в **APM Graph** используются следующие принципы:

- Если вводимая информация, например фамилия, не вмещается в соответствующем поле штампа, то система автоматически смасштабирует введенный текст.
- При запуске диалога система автоматически подберет наименьший формат, на котором сможет поместиться чертеж в масштабе 1:1.
- Если размеры чертежа в масштабе 1:1 превосходят размеры формата A0, то автоматически будет подобран масштаб уменьшения (перечень масштабов соответствует ГОСТ 2.302-68*).
- В случае если при масштабе 1:50 размеры чертежа все еще превосходят размеры формата A0, будет выдано соответствующее сообщение.
- В диалоге присутствуют три флажка: *Формат*, *Масштаб*, *Увеличение*. Используя их, вы можете подобрать необходимый формат и масштаб будущего чертежа. При запуске диалога все флажки сняты.
- При установке флажка *Формат* становится доступным выпадающий список форматов. При выборе любого из них, при условии снятого флажка *Масштаб*, модуль автоматически подберет наибольший возможный для данного формата масштаб чертежа.
- При установке флажка *Масштаб* становится доступным выпадающий список масштабов и флажок *Увеличение*. При выборе любого масштаба, при условии снятого флажка *Формат*, модуль автоматически подберет наименьший подходящий формат.
- При установленном флажке *Увеличение*, в выпадающем списке масштабов доступны масштабы увеличения, а при снятом – масштабы уменьшения.
- При установленных флажках *Масштаб* и *Формат* вы можете установить любой формат и любой масштаб вашего будущего чертежа.

Параметры заполнения полей основной надписи по умолчанию можно изменить посредством редактирования файла winsprin.ini. Это удобно сделать чтобы автоматизировать заполнение отдельных полей: чертил, проверил и т.д. Описание файла winsprin.ini изложено в главе 5.

Выбор конструктивного исполнения

Для выбора конструктивного исполнения пружины нажмите дважды по изображению пружины (зона 2) в окне генерации чертежей или выберете команду **Данные | Построение**. При этом появится одно из диалоговых окон (рис. 4.13 – 4.17) выбора конструктивного исполнения, которое будет зависеть от типа пружины. Для пружин растяжения, сжатия и кручения – Вы мо-

жете выбрать тип отрисовки пружины. Для плоских и тарельчатых пружин вызывается диалоговое окно для ввода дополнительных параметров, которые нужны для построения чертежа, но не могут быть определены программой автоматически.

Для пружин сжатия возможны следующие конструктивные исполнения (рис. 4.13):

1. Неподжатые и нешлифованные витки.
2. Поджато $\frac{1}{2}$ витка, зашлифовано $\frac{1}{2}$ дуги окружности.
3. Поджато $\frac{3}{4}$ витка, зашлифовано $\frac{3}{4}$ дуги окружности.
4. Поджат целый нешлифованный виток.
5. Поджат целый виток, зашлифовано $\frac{3}{4}$ дуги окружности.
6. Пружина для станочных приспособлений по ГОСТ 13165-67.

Опция *Использовать модели с малым числом витков* доступна если число витков менее 4 и позволяет выполнить отрисовку пружины целиком без разрыва.

Для цилиндрических пружин сжатия возможно указание группы точности для расчета необходимых допусков.

Пружины сжатия и растяжения на чертеже изображаются с правым направлением навивки, действительное направление навивки необходимо указать в технических требованиях.

Для пружин растяжения возможны следующие конструктивные исполнения (рис. 4.14):

1. Зацепы открыты с одной стороны и расположены в одной плоскости, диаграмма длин.
2. Зацепы открыты с одной стороны и расположены в одной плоскости, диаграмма деформаций.
3. Зацепы открыты с противоположных сторон и расположены в одной плоскости, диаграмма длин.
4. Зацепы открыты с противоположных сторон и расположены в одной плоскости, диаграмма деформаций.
5. Зацепы расположены под углом 90° , диаграмма длин.
6. Зацепы расположены под углом 90° , диаграмма деформаций.

Для пружин кручения возможны следующие конструктивные исполнения (рис. 4.15):

1. Диаграмма сил и угловых деформаций пружины.
2. Диаграмма сил и углов между зацепами пружины.

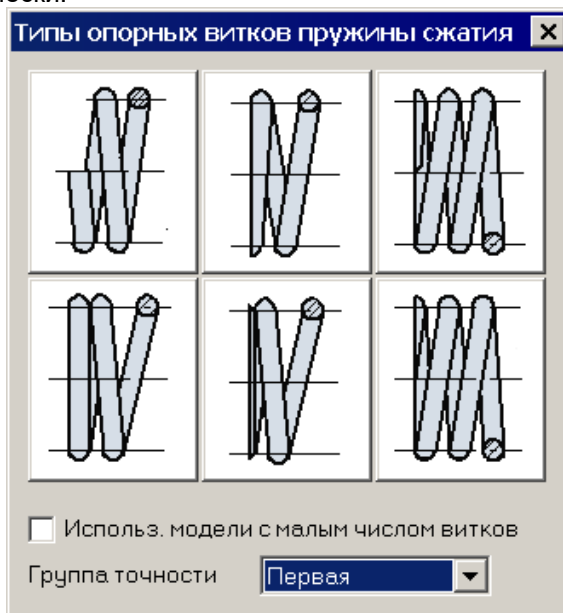


Рис. 4.13 Типы пружин сжатия.

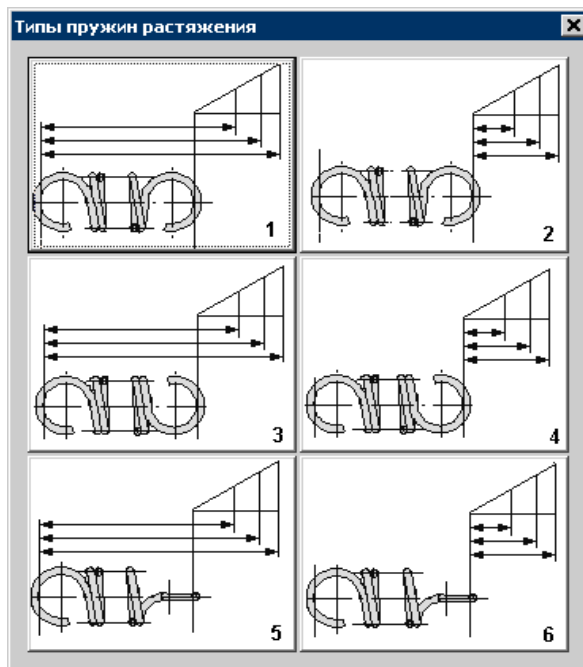


Рис. 4.14 Типы пружин растяжения.

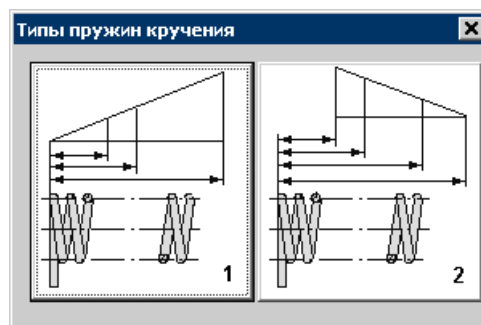


Рис. 4.15 Типы пружин кручения.

Тарельчатые пружины могут быть выполнены с нормальными или со скошенными краями (рис. 4.16).

Генерация чертежа торсиона и рессоры в данной версии недоступна.

Если Вы не введете параметры в разделе *Построение*, система использует значения, принятые по умолчанию.

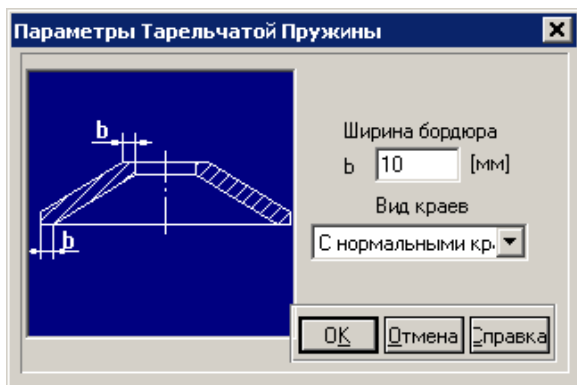


Рис. 4.16 Параметры тарельчатой пружины.

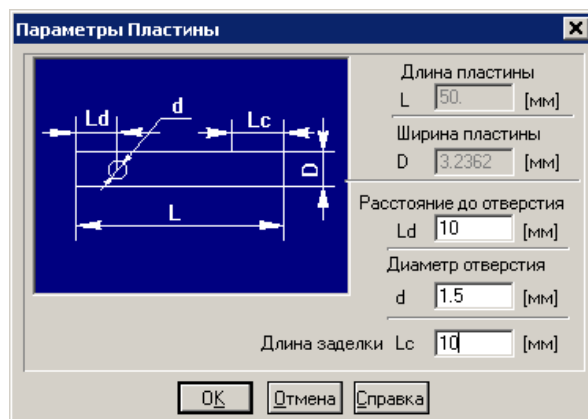


Рис. 4.17 Параметры пластины.

Ввод технических требований

Диалоговое окно ввода технических требований (рис. 4.18) Вы можете открыть, дважды кликнув мышкой по техническим требованиям (зона 3) в главном окне генерации чертежей или выбрав команду **Данные | Технические требования...**

Для перехода от одного элемента к другому используйте комбинации клавиш «Tab» и «Shift+Tab», для подтверждения ввода кнопка «Ок», для закрытия окна без запоминания введенных величин кнопка «Отмена». Содержание технических требований можно изменить и дополнить непосредственно в редакторе *APM Graph* уже непосредственно после генерации чертежа.

Рассмотрим параметры, вводимые в этом окне.

Модуль сдвига и *Максимальное напряжение* берутся из расчетов, поэтому они не могут быть изменены. *Твердость* – по умолчанию берется значение, заданное в файле конфигурации *winsprin.ini*; пользователь может изменить это значение. *Направление навивки* задается пользователем. Для невитых пружин этот раздел недоступен. Раздел *Остальные технические требования* должен содержать название стандарта.

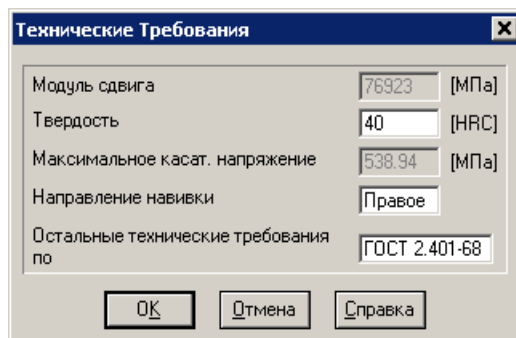



Рис. 4.18 Диалоговое окно ввода технических требований.

Печать исходных данных и результатов расчета

Полученные результаты расчета, а также исходные данные могут быть напечатаны. Вызов диалогового окна печати может быть осуществлен несколькими способами:

- нажать кнопку *Печать* окна просмотра результатов (рис. 4.9);
- нажать кнопку *Печать*  пиктографического меню;
- выбрать команду **Файл | Печать**;
- нажать на клавиатуре комбинацию клавиш **Ctrl+P**.

Если в результатах рассчитано более одной пружины, то появляется окно выбора печатаемого варианта (рис. 4.19). После этого появляется окно печати, в котором можно выбрать печатное устройство и количество копий.

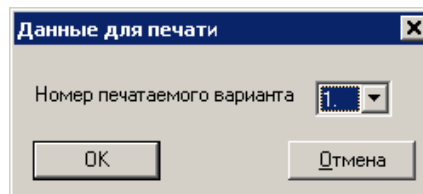


Рис. 4.19 Окно выбора варианта для печати.

Сохранение исходных данных и результатов

При работе с системой *APM Spring* Вы можете сохранить исходные данные и результаты расчётов в файл на жёстком диске или съёмном носителе в нескольких форматах. Сохранение возможно с момента ввода основных параметров пружины.

Для сохранения исходных данных и результатов расчета в файл *APM Spring* (*.spr) служит команда **Файл | Сохранить** (Ctrl+S). В появившемся диалоговом окне выберете папку и введите имя файла. При проведении серии расчетов для сохранения файла под другим именем служит команда **Файл | Сохранить как...** Диалоговое окно данной команды позволяет также выбрать формат сохраняемого файла (рис. 4.20).

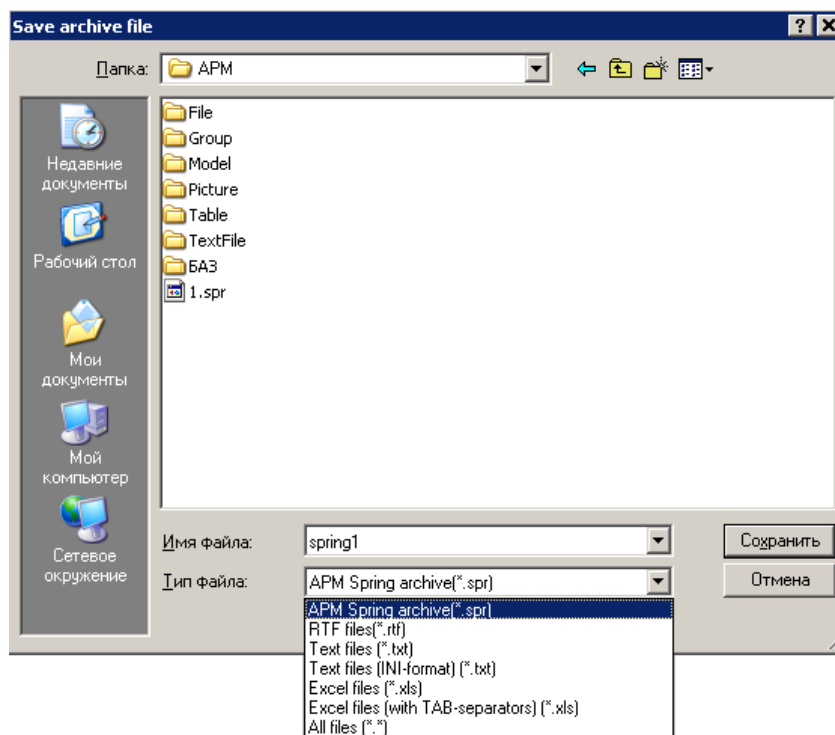


Рис. 4.20 Диалоговое окно выбора типа и имени файла для сохранения.

Для открытия ранее сохраненного файла воспользуйтесь командой **Файл | Открыть...** (Ctrl+L). В ответ на эту команду на экране появляется диалоговое окно выбора файла.

Сохранение в формате *APM Spring* (*.spr)

Формат *.spr – стандартный формат сохранения в системе *APM Spring*. Содержимое файла зависит от состояния системы в момент создания файла. Например, если Вы ввели исходные данные, но ещё не проводили расчётов, то файл будет содержать только исходные данные. При создании файла после выполнения расчётов к исходным данным добавляются результаты расчётов. При загрузке сохраненного ранее файла Вы возвращаете систему в то состояние, в котором она находилась при создании данного файла. После загрузки файла Вы можете продолжить работу с того места, на котором ее прервали, изменить исходные данные, провести новые расчёты и т.д.

Сохранение текстового файла отчета

Формат *.rtf – текстовый файл отчета. Сохранив данные в этом формате, Вы можете в дальнейшем обработать результаты расчетов в текстовом редакторе *MS Word*.

Сохранение файла данных

(недоступно в случае расчета по ГОСТ 13765)

Формат *.txt – файл данных в текстовом формате или структурированный как ini-файл.

Формат *.xls – файл данных *Excel* с различными разделителями.

Сохранив данные в этих форматах, Вы можете в дальнейшем использовать его в других приложениях (для создания таблиц в *MS Excel* или баз данных *MS Access*).

Выход

Для выхода из системы *APM Spring* используйте команду **Файл | Выход** или сочетание клавиш *Ctrl+X*. При выходе система предложит сохранить текущие изменения.

Глава 5. Дополнительные возможности APM Spring

Работа с базами данных материалов

Команда **Материал...** главного меню вызывает на экран диалоговое окно (рис. 5.1) со списком материалов текущей базы данных.

В заголовке окна находится имя текущей базы данных с материалами. В списке Вы можете видеть все материалы, содержащиеся в базе данных.

В этом окне присутствует ряд элементов: название текущей базы данных; список материалов, содержащихся в базе данных; кнопки **Добавить**, **Редактировать**, **Удалить**, **Удалить все**, **Новая БД**, **Открыть БД**, **Сохранить БД**, **Закрыть**.

Кнопка **Добавить** позволяет добавить новый материал в базы данных. При этом появится окно ввода названия нового материала (рис. 5.2), затем, если Вы нажмете кнопку **Ок** – окно редактора функций.

Кнопка **Редактировать** позволяет изменять имя существующего материала, и его параметры, а именно график зависимости предела прочности на растяжение от диаметра проволоки.

Кнопка **Удалить** позволяет удалить выбранный материал. Кнопка **Удалить все** удаляет все материалы из текущей базы данных.

Кнопка **Новая БД** позволяет создать новую пустую базы данных, куда вы можете добавлять свои материалы.

Кнопка **Открыть БД** позволяет открыть другую уже существующую базу данных.

Кнопка **Сохранить БД** позволяет сохранить открытую базу данных под другим именем.

Кнопка **Закрыть** закрывает данное диалоговое окно.

По умолчанию базы данных пружин устанавливаются в следующую директорию:

C:\Program Files\APM WinMachine 2006\SpringDB\

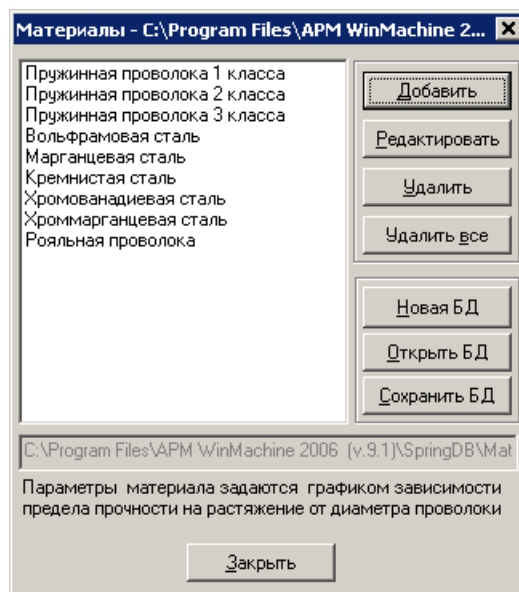


Рис. 5.1 Диалоговое окно **Материалы**.

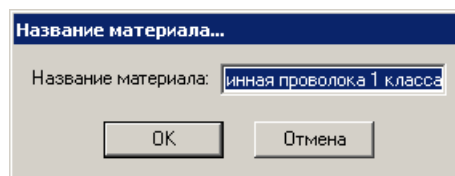


Рис. 5.2 Окно ввода названия материала.

Файл инициализации системы WINSPRIN.INI

Файл инициализации WINSPRIN.INI используется системой для хранения служебной информации необходимой для корректной работы системы. Эта информация включает в себя пути к файлам, используемым системой, начальные (предлагаемые по умолчанию) значения некоторых параметров, а также некоторые другие данные. Файл WINSPRIN.INI создается программой установки в директории *Windows* (директория, содержащая программу WIN.COM). Файл записывается в т.н. ASCII формате (текстовый файл содержащий алфавитно-цифровые символы, а также символы конца строки и возврата каретки). Файл состоит из нескольких разделов и имеет следующий вид:

```
[draw]
FILE=C1.dxf
ACCURACY=7-8
DESIGN=
CHECK=
NCONTROL=
TCONTROL=
CONFIRM=
LABEL=
MATERIAL=40X13
```

STANDARD=1475-78
LITER=000
FIRM=APM center
DEPARTMENT=Demo
HARDNESS=40
REQUIREMENTS=ГОСТ 2.401-68
TWIST=Правое

[database]

STANDARD=GOST(Russia)

[Database name]

DB_Name=C:\Program Files\APM WinMachine 2007 (v.9.3)\SpringDB\MaterialDB.mdb

Заголовок раздела начинается с открывающей скобки “[” и заканчивается закрывающей скобкой “]”. Раздел **[draw]** - информацию о создаваемых чертежах, в разделе **[database]** содержится информация, используемая в базе данных. Рассмотрим содержимое каждого раздела подробнее.

Раздел [draw]

1. FILE – имя файла с чертежом, введённое пользователем в последнем сеансе работы с системой *APM Spring*.
2. ACCURACY – точность.
3. DESIGN – фамилия и инициалы лица, разрабатывавшего чертёж.
4. CHECK – фамилия и инициалы лица, проверявшего чертёж.
5. NCONTROL – фамилия и инициалы нормоконтроллёра.
6. TCONTROL – фамилия и инициалы тех. контроллёра.
7. CONFIRM – фамилия и инициалы лица, утвердившего чертёж.
8. LABEL – обозначение чертежа.
9. MATERIAL – марка материала.
10. STANDARD – стандарт на материал.
11. LITER – литера чертежа.
12. FIRM – наименование организации, разработавшей чертёж.
13. DEPARTMENT – наименование подразделения организации, разработавшей чертёж.
14. HARDNESS – твёрдость рабочих поверхностей.
15. REQUIREMENTS – поле должно содержать стандарт.
16. TWIST – направление навивки пружины.

Раздел [database]

1. STANDARD – текущий стандарт, используемый базой данных.

Раздел [database_name]

1. DB_Name – полный путь и имя текущей базы данных с материалами

Замечание. Если Вы хотите самостоятельно изменить содержание файла инициализации системы, Вы должны пользоваться редактором, который работает с файлами запущенными в ASCII формате в кодировке ANSI (например, редактором Notepad, входящим в состав Windows).

Вызов APM Spring из командной строки

Программный вызов ранее сохраненного файла *APM Spring* из командной строки может быть осуществлен, используя следующее выражение:

winsprin32.exe /L "имя файла"

Например:

winsprin32.exe /L "spring1.spr "

Глава 6. Редактор функций

Общие сведения

Редактор функций APM_FNED предназначен для задания и редактирования кусочно-непрерывных функций. Редактор позволяет как графическое, так и аналитическое задание функции. В данной главе представлен справочник команд редактора функций а также методику графического и аналитического задания фрагментов функции.

Параметры материала задаются графиком зависимости предела прочности на растяжение (Y, МПа) от диаметра проволоки (X, мм).

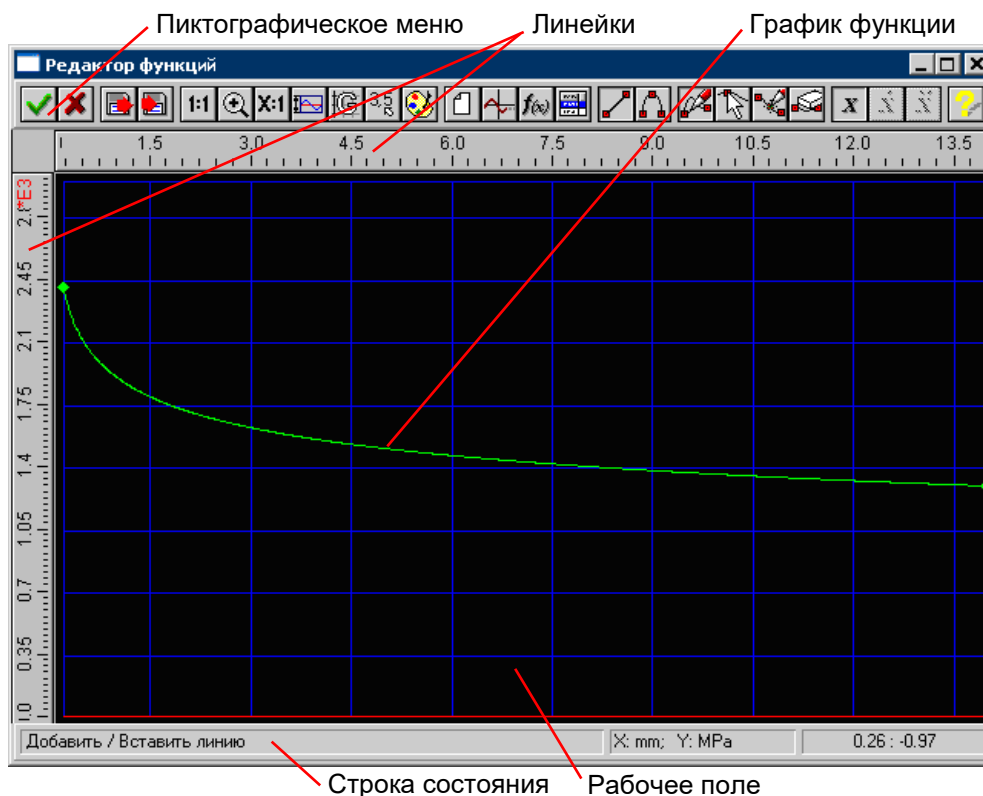


Рис. 6.1 Общий вид редактора функций.


















В статусной строке отображается справочная информация по текущей команде, размерность координат (X и Y) и текущие координаты курсора мыши.

Справочник команд редактора функций






Управлять командами редактора можете с помощью пиктографического меню (рис. 6.1).

Таблица 6.1 – Команды редактора функций.




Название команды	Описание команды
Ок	Завершение редактирования функции и возврат в программу <i>APM Spring</i> , с сохранением всех изменений.
Отмена	Выход в программу <i>APM Spring</i> без сохранения изменений.
Открыть	Открыть функцию в формате *.fnd или файл данных с разделителями, созданный в текстовом редакторе или в <i>MS Excel</i> .
Сохранить	Сохранить функцию в формате *.fnd или файл данных с разделителями для вставки, например в таблицу <i>Excel</i> .
1:1 Масштаб 1:1	Установка масштаба 1:1, например после команды Увеличить.
Увеличить	Увеличить фрагмента графика прямоугольной областью до окна.
X:1 Масштаб	Задание масштаба графика по вертикали в диалоговом окне.
Пределы	Задание пределов изменения графика по оси X и Y.

	Сетка	Задание шага сетки по оси X и Y и типа сетки в диалоговом окне.
	Шаг курсора	Задание шага курсора по оси X и Y в диалоговом окне.
	Палитра	Настройка цветов отдельных элементов редактора и графика.
	Новая функция	Удаление существующего графика и создание нового.
	Продлить функцию	Продлить функцию до правого предела добавлением горизонтальной линии.
	Аналитическое задание функции	Аналитическое задание функции вида $Y = f(X)$ в определенном диапазоне аргумента X в диалоговом окне.
	Таблица	Задание точек графика по координатам.
	Линия	Выбор объекта <i>Линия</i> для добавления или встраивания.
	Сплайн	Выбор объекта <i>Сплайн</i> для добавления или встраивания.
	Добавить объект	Режим добавления нового объекта (линия или сплайн).
	Редактировать функцию	Режим редактирования; позволяет изменять положение начальных и конечных точек линии, сплайна и аналитической функции.
	Вставить объект	Встроить новый объект (линия или сплайн) между двумя уже существующими.
	Удалить объект	Режим удаления объектов.
	Функция	Режим задания функции.
	Первая производная	Режим задания первой производной функции, в <i>APM Spring</i> не используется.
	Вторая производная	Режим задания второй производной функции, в <i>APM Spring</i> не используется.
	Справка	Вызов содержания справки по графическому редактору функций.


Настройки редактора

Для удобства работы с редактором функций предусмотрено изменение пользовательских настроек. Для изменения настроек используются следующие команды:  **Масштаб**,  **Пределы**,  **Сетка**,  **Шаг курсора**,  **Палитра** При этом следует отметить, что настройки «по умолчанию» являются достаточно удобными для построения наиболее распространенных графиков функций.

Масштаб

Команда  **Масштаб** вызывает диалоговое окно (рис. 6.2), в котором Вы можете задать масштаб графика по вертикали. Это может быть удобно в случае, когда установленные вертикальные пределы больше, чем это нужно. Для отображения какого-либо фрагмента графика в рабочем окне можно воспользоваться командой  **Увеличить**. Для этого необходимо после активации команды просто выделить фрагмент графика рамкой. Для отображения графика в масштабе 1:1 удобно использовать команду  **Масштаб 1:1**.

Пределы

Для отображения необходимого фрагмента графика в окне редактора функций служат пределы по X и по Y. Команда  **Пределы** вызывает диалоговое окно (рис. 6.3), в котором Вы можете задать горизонтальные (по X) и вертикальные (по Y) пределы для графика.

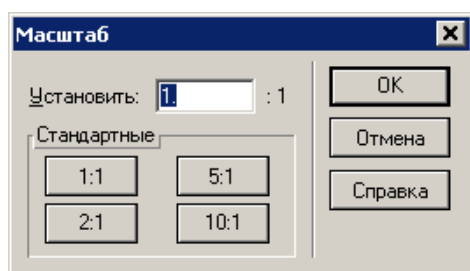


Рис. 6.2 Диалоговое окно Масштаб.

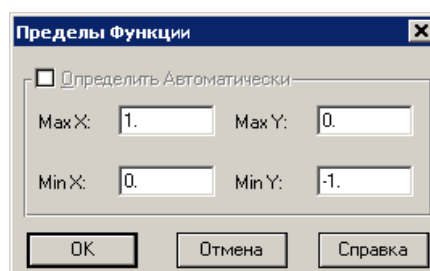



Рис. 6.3 Диалоговое окно Пределы.

Сетка

Для лучшего визуального контроля при задании графика функции в поле редактора может выводиться вспомогательная прямоугольная сетка. Команда  **Сетка** вызывает диалоговое окно (рис. 6.4), в котором Вы можете задать шаг сетки по X и по Y, а также тип сетки.

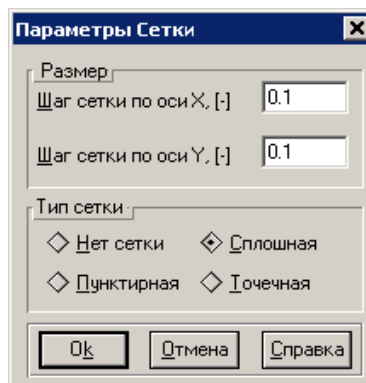



Рис. 6.4 Диалоговое окно Параметры Сетки.

Шаг курсора

При работе с редактором имеется возможность регулировать точность задания точек графика функций. По умолчанию используется точность равная 0,1 единиц. Это значит, что все координаты точек графика будут округляться до 0,1 единиц. Команда  **Шаг курсора** вызывает диалоговое окно (рис. 6.5), в котором Вы можете задать шаг курсора по X и по Y.

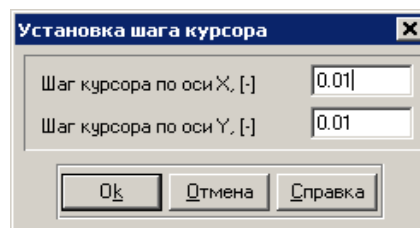



Рис. 6.5 Диалоговое окно Шаг курсора.

Палитра

Палитрой называется совокупность цветов фона, линий вспомогательной сетки, осей, графика. Для настройки и выбора схемы палитры используется команда  **Палитра**. В диалоговом окне настройки палитры (рис. 6.6) выбор элемента интерфейса для настройки осуществляется из списка «Элемент». Для задания цвета выбранного элемента нажмите на кнопку «Определить...». Изменения настроек цветов отображаются в верхней части диалогового окна. Пользователь может сохранить схему палитры, нажав кнопку «Сохранить...» и затем ввести имя новой схемы палитры. В дальнейшем переключение между схемами осуществляется посредством выбора нужной схемы из списка «Палитра». Для удаления схемы палитры воспользуйтесь кнопкой «Удалить».

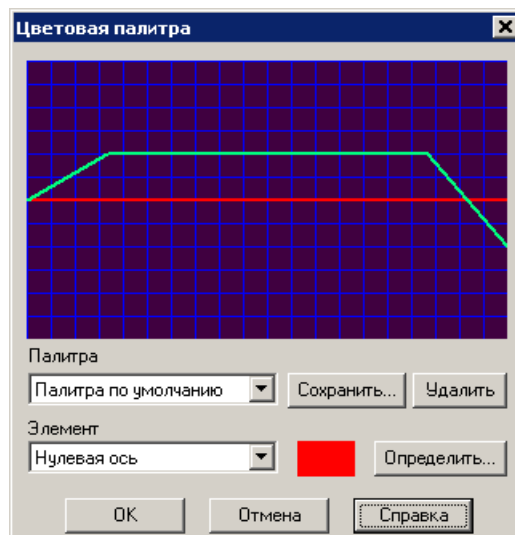


Рис. 6.6 Диалоговое окно Цветовая палитра.


Задание графика функции

График функции может быть задан разными способами:

1. По координатам точек, если точно известны численные данные.
2. Функцией $Y = f(X)$, если известно аналитическое выражение для функции.
3. По объектам (участкам графика): линия, сплайн, аналитическая функция. Каждый объект задается отдельно аналитически или графически (кроме аналитической функции).

Рассмотрим каждый из способов задания подробнее.

Задание графика по координатам точек

Если известны численные данные, то для задания функции удобно использовать команду  **Открыть**, которая вызывает диалоговое окно загрузки данных в следующих форматах (рис. 6.7). Форматы (*.prn) и (*.csv) могут быть созданы в табличном редакторе, например MS Excel.

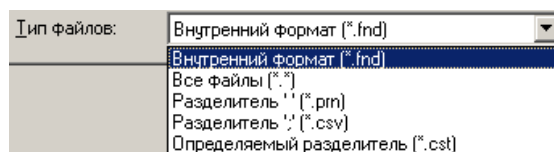



Рис. 6.7 Форматы загрузки данных.

Задание графика функцией $Y = f(X)$

Кнопка  **Аналитическое задание функции** вызывает диалоговое окно (рис. 6.8), в котором можно задать аналитическую функцию в определенном диапазоне аргумента X. В поле ввода « $f(x)=$ » этого диалога нужно задать функциональную зависимость. Диапазон значений аргумента (в мм) указывается в поле ввода «До точки». В поле ввода «От точки» (левая граница диапазона изменений аргумента) в начале сеанса работы с рассматриваемым редактором по умолчанию стоит ноль. После завершения ввода текущего участка функциональной зависимости и переходе к следующему участку в поле «От точки» появится значение правой границы координаты X уже введенного участка. Затем нужно задать диапазон изменения аргумента для этого участка (в поле «До точки»), и т. д.

В процессе добавления нового участка функциональной зависимости поле ввода «От точки» будет неактивным, активным оно станет в случае редактирования данного участка функции.

Для задания стандартной функциональной зависимости достаточно щелкнуть правой кнопкой мыши при нахождении указателя мыши в поле ввода функциональной зависимости. При этом открывается контекстное меню, в котором можно выбрать стандартную функцию и записать ее в поле ввода (рис. 6.9). Такую операцию можно проводить несколько раз, а затем записанные функциональные зависимости можно уточнить и отредактировать.

При включении опции *Конвертировать в сплайн*, при нажатии кнопки ОК, аналитическая функция будет конвертирована в сплайн с указанным шагом дискретизации. Так как для сплайна существует ограничение по количеству точек, при задании слишком мелкого шага, будет выводиться соответствующее предупреждение. При конвертации в сплайн будут сняты ограничения, которые вводятся при наличии аналитической функции, но при этом потеряется точность.

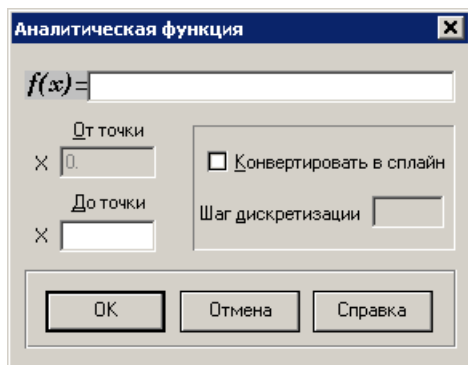


Рис. 6.8 Диалоговое окно Аналитическая функция.

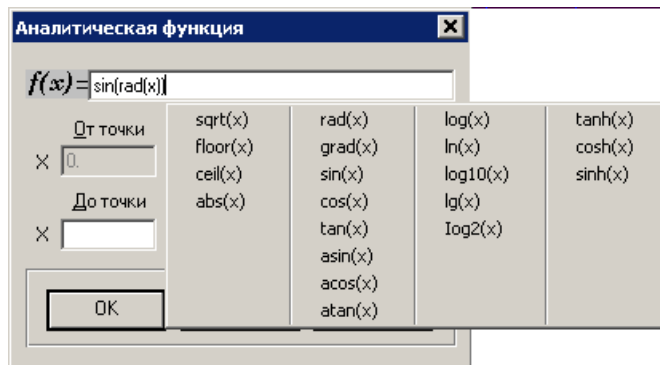


Рис. 6.9 Контекстное меню стандартных функций.

Синтаксис аналитических выражений

Приоритет операций обычный:

- 1) функции; 2) арифметические операции (в порядке перечисления);

В аналитическом выражении Вы можете использовать следующие операторы и функции (аргументом функции может быть любое выражение в скобках).

Функции округления:

- $\text{ceil}(x)$ – округление к минимальному целому, большему чем аргумент;
- $\text{floor}(x)$ – округление к максимальному целому, меньшему чем аргумент;
- $\text{abs}(x)$ – получение абсолютной величины.

Тригонометрические функции:

(аргумент x должен быть в радианах)

- $\sin(x)$ – синус;
- $\cos(x)$ – косинус;
- $\tan(x)$ – тангенс;
- $\text{atan}(x)$ – арктангенс;
- $\text{acos}(x)$ – арккосинус;
- $\text{asin}(x)$ – арксинус.

Другие функции:

- $\text{sqrt}(x)$ – корень квадратный.

Функции преобразования:

- $\text{rad}(x)$ – значение аргумента в радианах;
- $\text{grad}(x)$ – значение аргумента в градусах.

Гиперболические функции:

- $\sinh(x)$ – гиперболический синус;
- $\cosh(x)$ – гиперболический косинус;
- $\tanh(x)$ – гиперболический тангенс;

Логарифмические функции:

- $\log(x)$ или $\ln(x)$ – натуральный логарифм;
- $\log_{10}(x)$ или $\lg(x)$ – десятичный логарифм;
- $\log_2(x)$ – логарифм по основанию 2.

Операции:

- ** – возвести в степень;
- * – умножение;
- / – деление;
- % – получение остатка;
- + – сложение;
- – вычитание.

Предопределенные константы:


- M_PI – число $\pi = 3.142$;
- M_EXP – число $e = 2.718$.

Примеры выражений:

- $f(x) = x^{**2}+6.56*x-3.12$ (парабола)
- $f(x) = \sin(x)$ (синусоида, x - радианы)
- $f(x) = \sin(\text{rad}(x))$ (синусоида, x - градусы)
- $f(x) = \sin(x*M_PI/180)$ (см. предыдущий)

Аналитическое задание объектов функции

График функции может быть задан по объектам (участкам графика): линия, сплайн, аналитическая функция. Рассмотрим аналитическое задание объектов функции.

Нажатие кнопки  **Таблица** приводит к открытию диалогового окна *Функция* (рис. 6.10). В этом диалоговом окне перечислены заданные объекты с указанием граничных координат. В отличие от обычных диалоговых окон оно является немодальным, т.е. пользователь одновременно может работать и с диалоговым окном, вводя в него данные в табличном виде (аналитическое задание), которые будут одновременно отображаться в поле редактора функции, и наоборот, добавлять объект в поле редактора (графическое задание), данные о котором будут помещены в таблицу диалогового окна *Функция*.

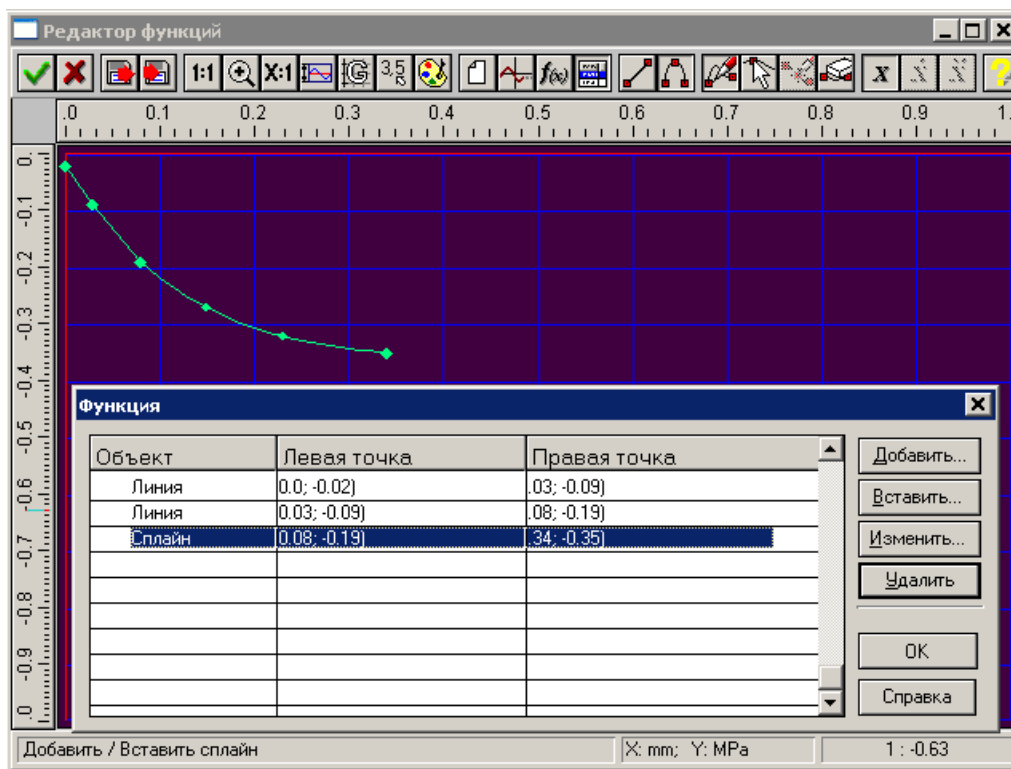


Рис. 6.10 Окно Функция.

Кнопка **Добавить...** в диалоговом окне *Функция* позволяет добавить новый объект в КО-НЕЦ уже созданной функции, т. е. поместить его после последнего существующего объекта функции. Добавить можно любой объект (линию, сплайн или аналитическую функцию) из списка, который появляется в контекстном меню (рис. 6.11) при нажатии на кнопку «Добавить...». При выборе одного из предложенных в меню объектов открывается соответствующее диалоговое окно для ввода значений добавляемого объекта.

При **добавлении линии** будет открыто диалоговое окно *Линия* (рис. 6.12). Для задания линии достаточно ввести координаты двух точек. Поскольку новая линия будет присоединена к предыдущему объекту, то необходимо ввести только координаты конечной точки в полях ввода «До». После нажатия кнопки «ОК» добавляемый отрезок отрисовывается в поле редактора функции, а сведения о нем будут добавлены в таблицу окна *Функция* (рис. 6.10).

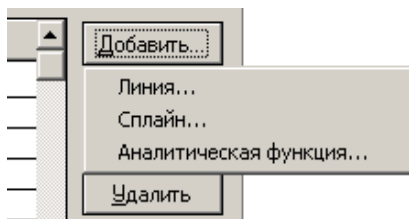


Рис. 6.11 Контекстное меню Добавить...

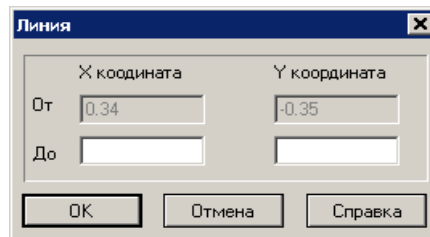


Рис. 6.12 Диалоговое окно Линия.

При **добавлении сплайна** открывается соответствующее диалоговое окно (рис. 6.13). Слайн задается по точкам. Чтобы создать сплайн минимальной длины, требуется задать не менее четырех точек. Поскольку сплайн добавляется в конец уже определенной функциональной зависимости, то координаты последней точки функции становятся первой точкой сплайна, и это поле ввода неактивно — его изменение недоступно. Нажатие кнопки «Добавить» в окне *Слайн* открывает дополнительное диалоговое окно для ввода координат новой точки (рис. 6.14). После ввода координат нужно нажать на клавиатуре клавишу «Enter», а для выхода из этого режима — клавишу «Esc».

Введенные координаты точек сплайна можно изменять. Для этого выделите подлежащую изменению строку таблицы с координатами точки, нажмите кнопку «Изменить» и в открывшемся диалоговом окне откорректируйте значения координат.

Кнопка «Вставить» в том же окне *Слайн* (рис. 6.13, 6.14) позволяет вставить новую точку сплайна ПЕРЕД выделенной (за исключением первой точки сплайна, перед которой вставить новую точку нельзя). При нажатии на кнопку «Вставить» откроется диалоговое окно для ввода координат новой точки. После ввода координат нужно нажать на клавиатуре клавишу «Enter», а для выхода из этого режима — клавишу «Esc». Нажатие кнопки «Удалить» в том же окне *Слайн* приведет к удалению выделенной точки из сплайна. Для завершения ввода сплайна нажмите кнопку «ОК» в окне *Слайн*.

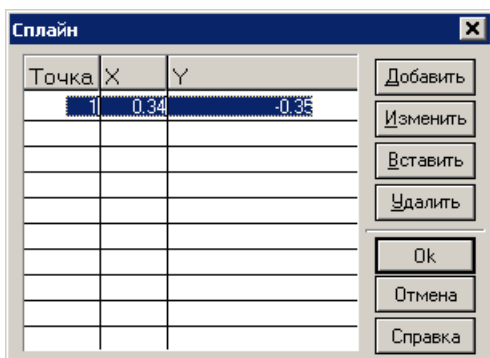


Рис. 6.13 Диалоговое окно Слайн.

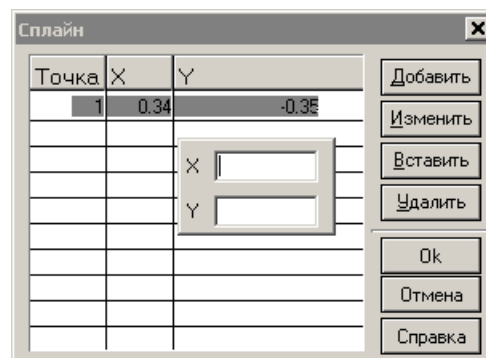


Рис. 6.14 Ввод координат новой точки сплайна.

Добавление аналитической функции осуществляется при выборе соответствующего пункта из контекстного меню (рис. 6.11) по такой же схеме, которая была приведена в разделе *Задание графика функцией $Y = f(X)$* .



Кнопка **Вставить...** в диалоговом окне *Функция* позволяет вставить новый объект ПЕРЕД текущим объектом (выделенным полосой). Объект вставляется Аналитическую функцию нельзя вставить. При наличии аналитической функции объекты вставлять нельзя.


При вставке нового объекта между двумя существующими за первую точку нового объекта берется конечная точка предыдущего (она записывается в неактивное первое поле введения), а координата Y последующего объекта изменяется таким образом, чтобы соединиться с концом добавляемого участка. Это обеспечивает непрерывность задаваемой функции. Кроме того, уже введенные участки функции, которые будут находиться после добавляемого участка, сдвинутся по координате X на величину вновь вводимого участка. Если будет предпринята попытка ввода слишком протяженного участка (такого, что уже имеющиеся участки выйдут за определенные границы функции), пользователю будет выдано сообщение о невозможности этого действия. Процесс встраивания новых объектов аналогичен добавлению, описанному выше.

Кнопка **Изменить...** в диалоговом окне *Функция* позволяет редактировать текущий объект. При наличии в графике аналитической функции существуют некоторые ограничения по редактированию объектов.

Кнопка **Удалить** в диалоговом окне *Функция* позволяет удалить текущий объект. Перед удалением редактор запросит подтверждение на проведение этого действия). В процессе удаления объекта начало последующего (за удаляемым) объекта получит координату Y, равную соответствующей координате конца предыдущего объекта, и вся последующая часть функции сдвинется по координате X влево на величину удаляемого объекта.

Графическое задание объектов функции

Графически могут быть задана линия или сплайн. Графическое задание аналитических функций невозможно. Выбор объекта для добавления или встраивания осуществляется с помощью кнопок  **Линия** и  **Сплайн**.

Далее необходимо выбрать, что Вы хотите сделать с новым объектом: **ДОБАВИТЬ** в конец или **ВСТАВИТЬ** между уже созданными. Кнопка  **Добавить** служит для добавления новых объектов (линии или сплайна). В зависимости от того, какая именно из кнопок выбора объекта в данный момент нажата, будет добавляться либо линия, либо сплайн.

С помощью этого же режима можно начинать построение функциональной зависимости. Рассмотрим более подробно, как происходит создание первого объекта функциональной зависимости или добавление линии к уже существующей функции.

а) Создание начального объекта. Первая точка встраиваемого объекта (линии или сплайна) должна иметь нулевую координату по X, в отличие от значения координаты Y.

Для того чтобы упростить ввод начальной точки отрезка или сплайна, щелкните левой кнопкой мыши на точке, имеющей координату Y, совпадающую с соответствующей координатой начальной точки объекта, но ненулевую координату X (рис. 6.15а). Одновременно в той точке, где находился указатель мыши, появится вторая точка, которая, в отличие от первой, будет подвижной до тех, пока нажата левая кнопка мыши. Отпустив эту кнопку, мы зафиксируем или вторую точку отрезка, или вторую точку сплайна (рис. 6.15б).

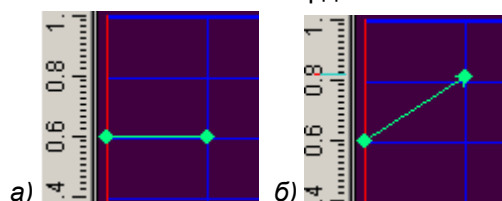



Рис. 6.15 Ввод начальной точки.

а) Задание начальной точки отрезка после нажатия левой кнопки мыши

б) Фиксация второй точки отрезка после отпущения левой кнопки мыши

В том случае, если начальным объектом служит сплайн, то первым нажатием левой кнопки мыши вводим первую точку сплайна с координатой $X = 0$, а отпуская кнопку мыши уточняем положение второй точки (здесь действует то же правило, что и для линии). Затем следующим щелчком мыши вводим третью точку, и т. д. (не менее четырех точек), а для завершения ввода сплайна следует нажать «ПРОБЕЛ» на клавиатуре.

б) Добавление объекта к уже имеющемуся объекту. Порядок работы аналогичен созданию нового объекта: нажатием левой кнопки мыши новый объект присоединяется к концу предыдущего объекта, а отпуская кнопку мыши мы фиксируем вторую точку добавляемого объекта.

в) Редактирование объектов. Кнопка  **Редактировать функцию** позволяет изменять положение начальных или конечных точек введенных отрезков, а также сплайна и аналитической функции. Для редактирования узлов между объектами следует подвести курсор мыши к выбранному узлу, щелкнуть на нем левой кнопкой мыши и, держа ее нажатой, перемещать данный узел. Если требуется отменить редактирование положения узла, то, не отпуская левую кнопку мыши, нажмите правую кнопку, тем самым редактирование будет отменено. Отпустив левую кнопку, установите узел в новом положении.



На этом заканчивается редактирование узлов между отрезками. В том случае, когда хотя бы одним из объектов, между которыми нужно отредактировать узлы, является сплайн, после смещения общей точки оба объекта остаются выделенными (синими в окне редактора) и могут быть отредактированы. Окончание редактирования (снятие выделения) производится нажатием кнопки «ПРОБЕЛ» на клавиатуре.


Собственно редактирование сплайна происходит следующим образом. Прежде всего необходимо подвести курсор мыши к сплайну и щелкнуть на нем. Сплайн, как объект функции, выделится. Далее, щелкнув на какой-либо точке сплайна левой кнопкой мыши, можно создать новую точку на сплайне, а ее дальнейшее перемещение осуществлять смещением указателя мыши при нажатой левой кнопке. Сплайн будет отображаться с учетом введения этой новой точки. Отпустив левую кнопку мыши, зафиксируем положение точки. Для завершения редакти-

рования сплайна нажмите клавишу «ПРОБЕЛ» на клавиатуре. Удаление точки на сплайне происходит после щелчка на ней правой кнопкой мыши.

Для отмены создания новой точки на сплайне нажмите правую кнопку мыши, не отпуская левую, при этом произойдет возврат в исходное состояние. Если новая точка на сплайне уже создана (была отпущена левая кнопка мыши), то для возврата в исходное состояние нужно одновременно нажать кнопку «Ctrl» на клавиатуре и правую кнопку мыши.

При редактировании аналитической функции сначала выделите этот объект, щелкнув по нему указателем мыши, а потом в открывшемся диалоговом окне *Аналитическая функция* (рис. 6.9) внесите необходимые изменения в заданную ранее аналитическую зависимость.

г) Вставка нового объекта между двумя существующими. Кнопка  **Вставить объект** позволяет встроить новый объект между двумя уже существующими. Такая возможность имеется только в том случае, если уже созданная функциональная зависимость не заполнила весь временной интервал, границы которого заданы пользователем. Если функциональная зависимость определена для всего интервала времени, то возможности вставки нового объекта нет, и кнопка  **Вставить объект** становится неактивной. Для того чтобы иметь возможность встроить новый объект, необходимо предварительно удалить какого-либо старый объект.


У пользователя есть возможность вставить между двух объектов или линию, или сплайн, но не аналитическую функцию. Для встраивания нового объекта нужно выбрать тип встраиваемого объекта (линия или сплайн) и после нажатия кнопки  **Вставить объект** щелкнуть левой кнопкой мыши на точке, являющейся границей объектов, между которыми следует вставить линию или сплайн. После нажатия левой кнопки мыши созданная ранее функциональная зависимость разорвется. Величина разрыва по оси X будет равна величине интервала времени, на котором функция была не задана.

Чтобы встроить линию в образовавшийся разрыв, нажмите левую кнопку мыши в точке, определяющей конец этой линии. Начало отрезка автоматически присоединится к концу предыдущего участка функциональной зависимости, а конец можно смещать. При отпускании левой кнопки мыши положение конца линии фиксируется, и к нему автоматически присоединяется начало следующего участка функциональной зависимости. Причем у начальной точки следующего участка изменяется координата Y. Изменение координаты будет иметь место и для сплайна, и для линии.

Встраивание сплайна в разрыв функции происходит с помощью задания не менее четырех точек. Для удаления уже созданных в процессе ввода сплайна точек (точки сплайна отрисованы как динамический объект синего цвета) и возврата в исходное состояние следует одновременно нажать кнопку «Ctrl» на клавиатуре и правую кнопку мыши.


Ввод сплайна завершается нажатием клавиши «ПРОБЕЛ» на клавиатуре. В этом случае первая точка последующего объекта присоединится к последней точке встраиваемого сплайна или линии.

Замечание. Если размеры встроеного объекта меньше свободного интервала, то после завершения операции встраивания останется некоторый интервал времени, для которого функциональная зависимость не определена. В этом интервале времени можно сохранить последнее значение функции, добавив горизонтальный отрезок нажатием кнопки «Продлить функцию».

д) Удаление объектов. Кнопка  **Удалить объект** позволяет удалить один из введенных объектов функциональной зависимости. Выбранный объект (линия, аналитическая функция или сплайн) после щелчка по нему левой кнопки мыши удаляется, и первая точка линии или сплайна, следующая за удаляемым объектом, присоединяется к последней точке того объекта, который предшествует удаляемому. Если последующим объектом является аналитическая функция, то происходит ее смещение влево по горизонтальной оси, а разрыв по вертикальной оси дополняется вертикальным отрезком.

Сочетание графического и аналитического задания функции


Сочетание графического и аналитического задания функции позволяет использовать удобство и простоту графического задания и точность аналитического.

Если при графическом задании функции нажатием кнопки  **Таблица** вызвать диалоговое окно *Функция* (рис. 6.10), то вновь создаваемые и добавляемые объекты будут отображаться в этом окне.

Пользователь одновременно может работать и с диалоговым окном, вводя в него данные в табличном виде (аналитическое задание), которые будут одновременно отображаться в поле редактора функции, и наоборот, добавлять объект в поле редактора (графическое задание)

С помощью этого же окна можно отредактировать координаты точек отрезка или сплайна. Для этого нужно выделить строку с объектом и нажать кнопку «Изменить» или сделать двойной щелчок на строке, а затем в полях открывшегося окна отредактировать координаты точек.

Сохранение графика функции

После того, как график функции задан его удобно сохранить для дальнейшей работы. Для этого служит команда  **Сохранить**. В появившемся диалоговом окне Вы должны указать путь сохранения, имя и тип файла. Система позволяет сохранить данные в следующих форматах (рис. 6.16).

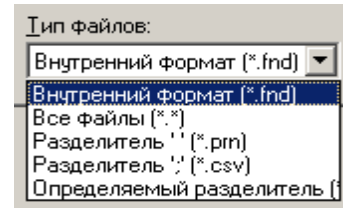


Рис. 6.16 Форматы сохранения данных.

Приложение

Разряды пружин (ГОСТ 13764-86)

Класс пружин	Разряд пружин	Вид пружин	Сила пружины при максимальной деформации F_3 , Н	Диаметр проволоки (прутка) d , мм	Материал		Твердость после термообработки HRC	Максимальное касательное напряжение при кручении τ_3 , МПа	Требования к упругости	Стандарт на основные параметры витков пружин
					Марка стали	Стандарт на заготовку				
1	1		1,00 - 850	0,2 - 5,0	По ГОСТ 1050-88 и ГОСТ 1435-90	Проволока класса 1 по ГОСТ 9389-75 Проволока класса 2 и 2А по ГОСТ 9389-75		0,3 R_m		ГОСТ 13766-86
	3		140 - 6000	3,0 - 12,0	60С2А; 65С2ВА; 70С3А по ГОСТ 14959-79 51ХФА по ГОСТ 14959-79	Проволока по ГОСТ 14963-78	47,5 - 53,5 45,5 - 51,5	560	ГОСТ 13768-86	
										4

Разряды пружин (ГОСТ 13764-86) (продолжение)

Класс пружин	Разряд пружин	Вид пружин	Сила пружины при максимальной деформации F_3 , Н	Диаметр проволоки (прутка) d , мм	Материал		Твердость после термообработки HRC	Максимальное касательное напряжение при кручении τ_3 , МПа	Требование к упругости	Стандарт на основные параметры витков пружин
					Марка стали	Стандарт на заготовку				
II	1	Одножильные сжатия и растяжения	1,50 - 1400	0,2 - 5,0	По ГОСТ 1050-88 и ГОСТ 1435-90	Проволока класса 1 по ГОСТ 9389-75	-	0,5 R_m		ГОСТ 13770-86
	2		1,25 - 1250							
	3		37,5 - 1250	51ХФА по ГОСТ 14959-79	47,5 - 53,5	960	ГОСТ 13772-86			
				60С2А; 65С2ВА по ГОСТ 14959-79				Проволока по ГОСТ 1071-81		
	4			236 - 10000	65Г по ГОСТ 1050-88	45,5 - 51,5	800	ГОСТ 13773-86		
					51ХФА по ГОСТ 14959-79					
III	1	Трехжильные сжатия	12,5 - 1000	0,3 - 2,8	По ГОСТ 1050-88, ГОСТ 1435-90	Проволока	-	0,6 R_m		ГОСТ 13774-86
	2		315 - 14000							
	3		6000 - 20000	60С2А; 65С2ВА; 70С3А по ГОСТ 14959-79	51,5 - 56,0	1050	ГОСТ 13775-86			
								Сталь горячекатаная по ГОСТ 2590-88	ГОСТ 13776-86	

Примечания: 1. Максимальное касательное напряжение при кручении приведено с учетом кривизны витков.
2. R_m - предел прочности пружинных материалов.