



# *APM Cam*

---

Руководство пользователя

# *APM Cam*

---

## Система расчёта кулачковых механизмов

*Версия 17*

Руководство пользователя

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

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

---

<b>Содержание .....</b>	<b>3</b>
<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
Основные положения.....	4
Требования к аппаратному и программному обеспечению .....	4
Краткий путеводитель по руководству.....	4
<b>Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты .....</b>	<b>5</b>
Основные теоретические сведения.....	5
Общие сведения о системе APM Cam .....	6
Типы кулачковых механизмов: исходные данные и результаты.....	6
<b>Глава 2. Интерфейс APM Cam .....</b>	<b>8</b>
Общий вид .....	8
Информационные окна .....	8
Окно «Тип кулачкового механизма».....	8
Окно «Заданные параметры» .....	8
Окно «Закон движения» .....	9
Строка состояния.....	9
Справочник команд .....	9
<b>Глава 3. Как работать с системой APM Cam .....</b>	<b>10</b>
Начало работы .....	10
Ввод исходных данных .....	10
Выбор типа кулачкового механизма .....	10
Ввод геометрических данных .....	11
Ввод физических данных .....	11
Задание закона движения.....	12
Выполнение расчета.....	12
Просмотр результатов .....	12
Создание рабочего чертежа кулачка .....	15
Ввод параметров чертежа.....	15
Заполнение штампа .....	16
Выбор конструктивного исполнения .....	17
Ввод технических требований .....	18
Ввод углового шага .....	18
Сохранение исходных данных и результатов расчета .....	18
Печать исходных данных и результатов расчета.....	19
Выход .....	19
<b>Глава 4. Редактор функций.....</b>	<b>20</b>
Общие сведения.....	20
Справочник команд редактора функций.....	21
Настройки редактора .....	21
Масштаб.....	21
Пределы .....	22
Сетка .....	22
Шаг курсора .....	22
Палитра .....	23
Задание графика функции.....	23
Задание графика по координатам точек .....	23
Задание графика функцией $Y = f(X)$ .....	23
Аналитическое задание объектов функции.....	24
Графическое задание объектов функции .....	27
Сочетание графического и аналитического задания функции.....	29
Сохранение графика функции.....	29
Примеры законов движения кулачковых механизмов.....	29
<b>Глава 5. Файл инициализации системы wincam.ini .....</b>	<b>32</b>

# Введение

---

## Основные положения

**APM Cam** представляет собой систему расчёта кулачковых механизмов, разработанную в НТЦ «Автоматизированное Проектирование Машин». Название системы происходит от англ. «cam» (кулачек).

Система позволяет рассчитать и спроектировать четыре типа кулачковых механизмов:

- с роликовым толкателем;
- с плоским толкателем;
- с роликовым коромыслом;
- с плоским коромыслом.

С помощью системы **APM Cam** можно рассчитать следующие характеристики кулачковых механизмов:

- профиль кулачка;
- координаты внутренней и внешней огибающей центрального профиля для кулачков с роликами;
- углы давления.

По результатам расчетов имеется возможность генерации чертежа кулачка в формате *APM Graph* (\*.agr) или (\*.dxf), а также текстового файла отчета формата (\*.rtf).

## Требования к аппаратному и программному обеспечению

Система **APM Cam** предназначена для работы в операционных средах семейства Windows (соответственно MS Windows Vista, 7, 8 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 Cam*, рассчитываемых параметрах и типах кулачковых механизмов, а также системные требования к аппаратному и программному обеспечению.

**Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты**, содержит классификацию кулачковых механизмов, рассчитываемых *APM Cam*. Приводится описание всех основных и дополнительных исходных данных и результатов расчета для каждого типа кулачкового механизма, а также некоторые теоретические сведения.

**Глава 2. Интерфейс APM Cam** знакомит пользователя с основными элементами интерфейса. В главе приводится описание главного окна системы, а также справочник всех команд главного и пиктографического меню.

**Глава 3. Как работать с системой APM Cam** содержит полное руководство по работе с системой. В главе приводится последовательное описание типичного сеанса работы с *APM Cam*. Показано как выполняются основные операции - ввод исходных данных, выполнение расчетов, просмотр и сохранение результатов, генерация чертежа, печать исходных данных и результатов расчета, генерация текстового файла отчета формата RTF.

**Глава 4. Редактор функций** включает описание возможностей специализированного редактора функций для задания закона движения толкателя или коромысла. В главе приведены типовые законы движения толкателя (коромысла).

**Глава 5. Файл инициализации системы WINCAM.INI** приводит описание файла инициализации системы.

# Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты

## Основные теоретические сведения

Кулачковый механизм состоит из трех звеньев: кулачка, ведомого звена (толкателя или коромысла) и стойки. Кулачком называют звено, геометрический элемент которого выполнен в виде поверхности переменной кривизны. Это позволяет получить необходимый закон движения ведомого звена. Для уменьшения трения ведомое звено обычно снабжается роликом, который является пассивным звеном, не изменяющим закона движения ведомого звена.

Форма геометрического элемента определяет профиль кулачка. Различают действительный и теоретический профили. Теоретический профиль является эквидистантой кривой, отстоящей от действительного на расстоянии радиуса ролика по нормали к действительному профилю. Основные параметры профиля кулачка:  $R_0$  – начальный радиус (минимальный) профиля;  $R_{max}$  – максимальный радиус;  $\varphi$  – профильные углы.

Для механизма (рис. 1.1, а) при вращении кулачка против часовой стрелки на участке профиля кулачка  $ab$  под острие толкателя будут подходить точки профиля, все более удаленные от центра вращения кулачка. Поэтому расстояние  $S$  от острия до центра вращения будет соответственно увеличиваться, а толкатель под действием профиля кулачка будет подниматься или удаляться. Толкатель достигнет крайнего верхнего положения после поворота кулачка на угол  $\varphi_y$  в момент перехода точки контакта на участок  $bc$ , где профиль  $bc$  выполнен по дуге окружности радиусом  $R_{max}$  и с центром на оси вращения. При дальнейшем повороте кулачка на угол  $\varphi_{в.в.}$  расстояние  $S = R_{max}$  не изменится, и толкатель будет сохранять свое крайнее верхнее положение. Последующий поворот кулачка на угол  $\varphi_{пр}$  соответствующий участку  $cd$ , будет сопровождаться приближением (опусканием) толкателя под действием силы веса или пружины. Участок  $da$ , выполненный по дуге окружности радиусом  $r_0$  с центром на оси вращения кулачка, соответствует остановке толкателя в крайнем нижнем положении в течение времени поворота кулачка на угол  $\varphi_{н.в.}$ . □

На рисунке 1.1, б показан график перемещения толкателя в зависимости от угла поворота кулачка, т. е. закон движения толкателя.

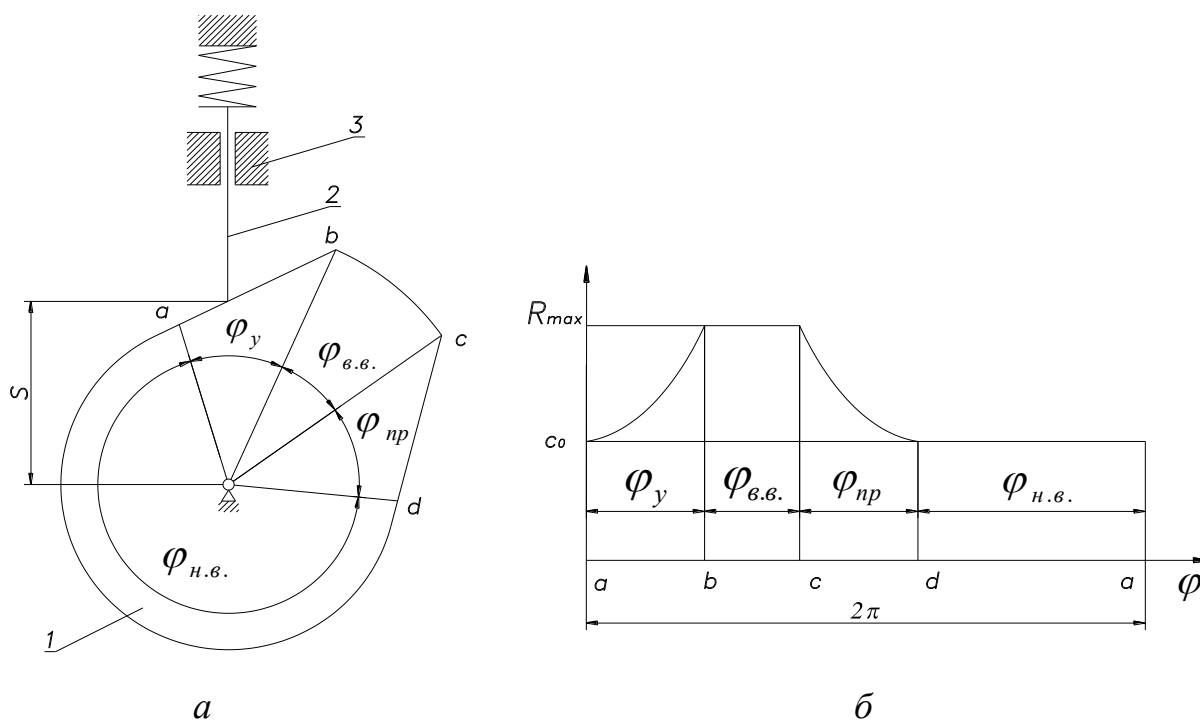


Рис. 1.1. Схема кулачкового механизма и закон движения толкателя.

Основные геометрические параметры кулачкового механизма: профильные углы (приближения  $\varphi_{пр}$ , верхнего выстоя  $\varphi_{в.в.}$ , удаления  $\varphi_y$ , нижнего выстоя  $\varphi_{н.в.}$ ); ход толкателя  $S_{max}$ ; сме-

щение толкателя  $e$ . В механизме со смещенным толкателем профильные углы не равны соответствующим углам  $\varphi$  поворота кулачка. Если функция положения ведомого звена задана или определена в форме графика или в виде таблицы, то найти производную от этой функции в аналитической форме нельзя. В этом случае применяют графические или численные методы дифференцирования.

Выполняя различные профили кулачка, можно осуществить практически любое необходимое сочетание интервалов движения и остановок толкателя. Например, за счет дуги концентрической окружности на некоторой части профиля  $ab$  можно получить промежуточную остановку толкателя в любой, наперед заданный, момент удаления. Основным свойством кулачковых механизмов является возможность получения любого, наперед заданного закона движения ведомого звена, в том числе и движения с остановками толкателя заданной продолжительности. Это свойство, присущее только кулачковым механизмам, является их основной отличительной особенностью и преимуществом по сравнению с другими механизмами. К недостаткам кулачковых механизмов относятся:

- 1) наличие высшей пары и, как следствие, большие удельные давления, что влечет за собой увеличение износа от сил трения и уменьшение к. п. д.;
- 2) трудность изготовления сложного профиля кулачка.

Основным критерием классификации кулачковых механизмов является характер движения толкателя. По этому признаку все механизмы с ведущими кулачками (как плоские, так и пространственные) делятся на три типа:

- 1) с поступательным движением толкателя;
- 2) с качающимся толкателем;
- 3) со сложным движением толкателя.

Механизмы первого типа отличаются более простой по сравнению с механизмами других типов конструкцией и применяются во многих машинах. Лучшими характеристиками обладают механизмы второго типа, чем и объясняется их наиболее широкое распространение в технике. Механизмы третьего типа, не имея преимуществ по сравнению с первыми, сложнее их по конструкции, поэтому применять такие не рекомендуется, и встречаются они редко.

## Общие сведения о системе APM Cam

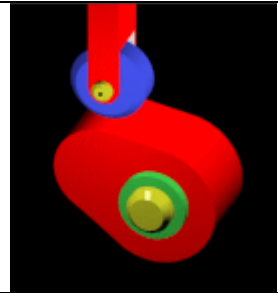
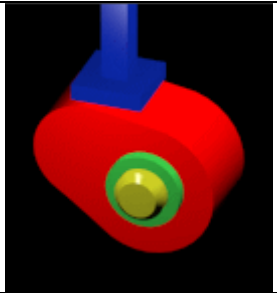
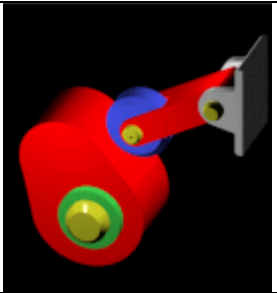
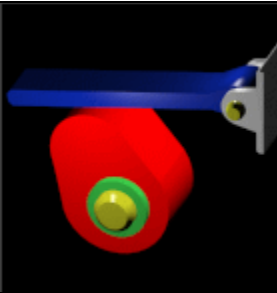
Система *APM Cam* предназначена для расчета кулачковых механизмов, т. е. элементарных механизмов, служащих для функционального преобразования движения и управления движением элементов приборов по заданному закону. С помощью *APM Cam* Вы можете:

- выбрать тип кулачкового механизма;
- выполнить все необходимые расчеты;
- получить рабочий чертёж кулачка;
- получить координаты профиля кулачка для его последующего изготовления на станках с ЧПУ.

## Типы кулачковых механизмов: исходные данные и результаты

Система позволяет рассчитать и спроектировать следующие типы кулачковых механизмов (таблица 1.1). Рассмотрим исходные данные и результаты расчета каждого типа кулачкового механизма. При задании исходных данных каждый из геометрических параметров сопровождается пояснительной схемой.

**Таблица 1.1 – Типы кулачковых механизмов: исходные данные и результаты**

Поступательный толкатель		Коромысло	
с роликом	плоский	с роликом	плоское
			
<b>Геометрические данные</b>			
1. Эксцентриситет, мм	1. –	1. –	1. –
2. Радиус ролика, мм	2. –	2. Радиус ролика, мм	2. –
3. Длина направляющих, мм		3. Длина коромысла, мм	
4. Расстояние от направляющих до центра вращения кулачка, мм		4. Расстояние от опоры коромысла до центра вращения кулачка, мм	
5. Толщина кулачка, мм			
6. Направление вращения, (по или против часовой стрелки)			
<b>Дополнительные данные</b>			
1. Минимальный радиус кулачка, мм		2. Критический угол давления, град	
2. Критический угол давления, град			
<b>Физические данные</b>			
1. Результирующая сила сопротивления, Н		1. Результирующий момент сопротивления, Н*мм	
2. Допустимое напряжение, МПа			
3. Модуль упругости кулачка, МПа			
4. Модуль упругости наконечника, МПа			
5. Коэффициент трения между кулачком и наконечником			
6. Коэффициент трения в направляющих		6. –	
7. Коэффициент запаса по углу давления		7. Коэффициент запаса по углу давления	
<b>Функция</b>			
1. Закон перемещения толкателя от угла поворота кулачка (функция, первая или вторая производная).		1. Закон изменения угла поворота коромысла от угла поворота кулачка (функция, первая или вторая производная).	
<b>Результаты</b>			
1. Профиль кулачка с анимацией движения;			
2. Центровой профиль в полярных и декартовых координатах;			
3. Огибающая внутренняя в полярных и декартовых координатах;		3. Огибающая внутренняя в полярных и декартовых координатах;	
4. Огибающая внешняя в полярных и декартовых координатах.		4. Огибающая внешняя в полярных и декартовых координатах.	
5. Угол давления (график и табличные значения).		5. Угол давления (график и табличные значения).	

## Глава 2. Интерфейс APM Cam

### Общий вид

Система *APM Cam* предназначена для работы под управлением операционной системы *MS Windows* всех модификаций. Интерфейс пользователя *APM Cam* прост и понятен. Для изучения системы *APM Cam* 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 Cam* представлен на рисунке 2.1. Описание всех команд главного и пиктографического меню приводится в справочнике.

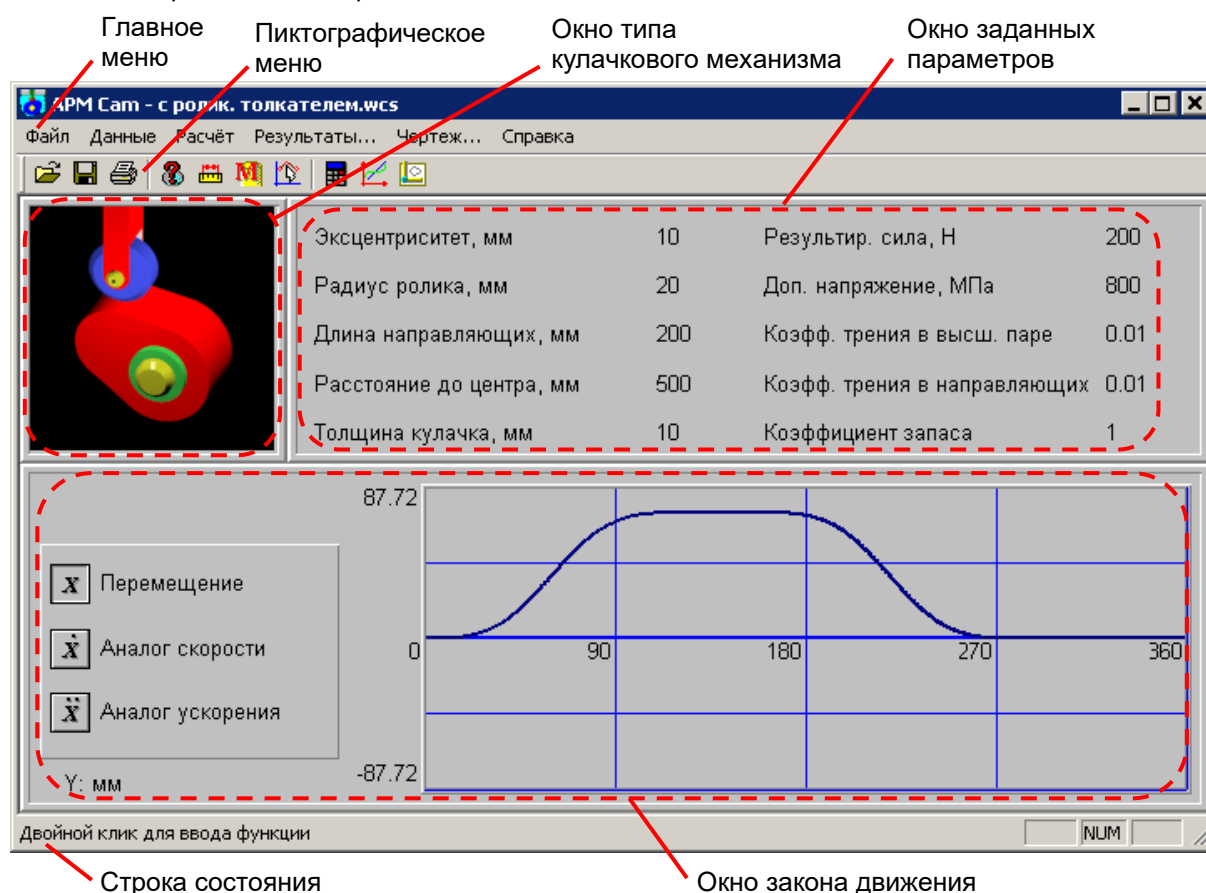


Рис. 2.1 Общий вид системы APM Cam.

### Информационные окна

Информационные окна используются для того, чтобы отобразить исходные данные и состояние расчета. Эти окна: *Тип кулачкового механизма*, *Заданные параметры*, *Закон движения*, а также *Строка состояния* присутствуют на экране постоянно.

#### Окно «Тип кулачкового механизма»

Окно *Тип кулачкового механизма* расположено в левой верхней части экрана (рис. 2.1). В этом окне отображается пиктограмма кулачкового механизма, который рассчитывается в данный момент. Двойной щелчок в этом окне вызывает окно выбора типа кулачкового механизма. Если тип не выбран, то центр окна занимает надпись: «Тип кулачка не выбран».

#### Окно «Заданные параметры»

Это окно (рис. 2.1) используется для отображения заданных геометрических и физических параметров текущего кулачкового механизма. Содержание данного окна зависит от выбранного ранее типа кулачкового механизма. Двойной щелчок по геометрическим (слева) или физическим (справа) параметрам вызывает соответствующее диалоговое окно для ввода (редактирования) параметров.



### Окно «Закон движения»

В этом окне отображается закон движения ведомого звена (толкателя или коромысла). Вы можете просмотреть функцию, а также ее первую (аналог скорости) или вторую (аналог ускорения) производную. В левом нижнем углу показана текущая размерность координаты Y. Двойной щелчок по графику закона движения вызывает специализированный редактор функций для редактирования графика.

### Строка состояния

Строка состояния отображает текущую справочную информацию (рис. 2.1).

### Справочник команд

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

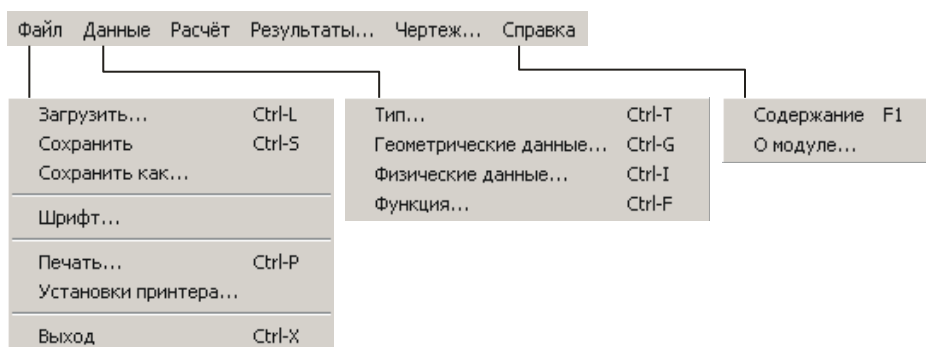




Рис. 2.2 Структура главного меню APM Cam.

Таблица 2.1 – Справочник команд APM Cam

Команда	Описание команды
Файл   Загрузить... (Ctrl+L)	Открытие файла APM Cam (*.wcs).
Файл   Сохранить... (Ctrl+S)	Сохранение исходных данных и результатов расчета в файл APM Cam (*.wcs).
Файл   Сохранить как...	Сохранение исходных данных и результатов расчета с запросом имени в файл (*.wcs) или файл данных (*.txt).
Шрифт...	Вызов стандартного диалогового окна выбора параметров шрифта информационных окон.
Файл   Печать...(Ctrl+P)	Вызов диалогового окна выбора исходных данных и результатов расчета для печати на принтере или в RTF-файл отчета.
Файл   Установки принтера ...	Вызов стандартного диалогового окна настройки печати.
Файл   Выход (Ctrl+X)	Выход из системы APM Cam.
Данные   Тип... (Ctrl+T)	Вызов окна выбора типа кулачкового механизма.
Данные   Геометрические данные... (Ctrl+G)	Вызов диалогового окна ввода геометрических данных.
Данные   Физические данные... (Ctrl+I)	Вызов диалогового окна ввода физических данных.
Данные   Функция... (Ctrl+F)	Вызов специализированного редактора функций для задания закона движения толкателя (коромысла).
Расчёт	Запуск расчета кулачкового механизма.
Результаты...	Вызов окна выбора результатов для просмотра.
Чертеж...	Вызов подсистемы генерации чертежа
Справка   Содержание (F1)	Вызов содержания справки по APM Cam.
Справка   О модуле...	Вывод окна с информацией об установленной версии APM Cam, разработчике и обладателе лицензии на программу.

## Глава 3. Как работать с системой APM Cam

### Начало работы

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

Чтобы рассчитать кулачковый механизм с помощью *APM Cam* необходимо выполнить следующие действия:

1. Ввод исходных данных.
  - 1.1. Выбор типа кулачкового механизма.
  - 1.2. Ввод геометрических данных.
  - 1.3. Ввод физических данных.
  - 1.4. Задание закона движения.
2. Выполнение расчета.
3. Просмотр результатов.
4. Создание рабочего чертежа.
5. Сохранение исходных данных и результатов расчета.
6. Печать 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. Каждое из диалоговых окон содержит кнопку «Справка» для вывода контекстной справочной информации.


**Замечание.** Порядок выполнения расчета является достаточно строгим, т.е. нельзя ввести геометрические и физические данные, пока не выбран тип кулачкового механизма и т.д. Последующие команды будут просто не активны, и выбрать их невозможно.

### Ввод исходных данных

Ввод исходных данных предполагает выбор, прежде всего типа кулачкового механизма, ввод геометрических и физических данных, задание закона движения. Для ввода исходных данных служат команды меню **Данные**.

#### Выбор типа кулачкового механизма

Выбрать тип кулачкового механизма можно тремя способами:

- выбрать команду **Данные |  Тип...**;
- дважды щелкнуть мышкой в окне «Тип кулачкового механизма» (рис. 2.1). Если тип ранее не выбран, в данном окне выводится соответствующее предупреждение;
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl + T**.

В появившемся диалоговом окне (рис. 3.1) выберете тип кулачкового механизма и нажмите «Ок». Проконтролировать выбор можно по изображению, расположенному слева.

Одновременно команды **Геометрические данные...** и **Физические данные...** меню **Данные** становятся доступными.

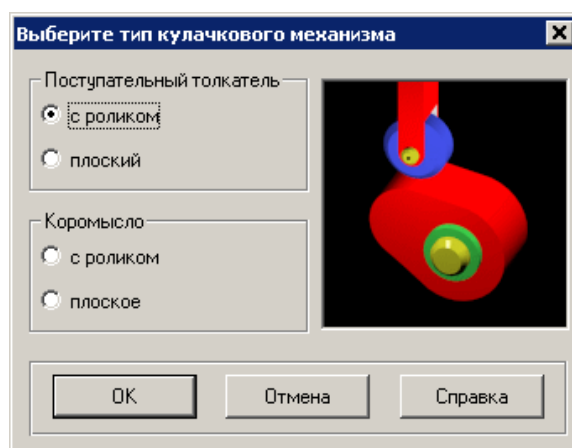



Рис. 3.1 Диалоговое окно выбора типа кулачкового механизма.

## Ввод геометрических данных

Вызвать диалоговое окно ввода геометрических данных можно тремя способами:

- выбрать команду **Данные** |  **Геометрические данные...**;
- дважды щелкнуть мышкой по левой части окна «Заданные параметры» (рис. 2.1).
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl + G**.

В появившемся диалоговом окне (рис. 3.2) введите геометрические данные и нажмите «Ок». Проконтролировать выбор можно по изображению, расположенному справа. Содержание этого окна зависит от типа кулачкового механизма.


Все исходные данные делятся на две группы – «основные данные», т.е. данные без которых невозможен расчёт, и «ограничения». В диалоговом (рис. 3.2) окне вводятся «основные» данные. Это окно содержит кнопку «Больше...». Если Вы выберете эту кнопку, на экране будет отображено диалоговое окно (рис. 3.3) для ввода дополнительных данных. В этом окне Вы можете установить необходимые Вам ограничения. Признаком установленного параметра является любое отличное от нуля значение.

В обоих окнах действует проверка вводимых параметров. Проверка активизируется после нажатия кнопки «Ок».

В случае если введённые данные лежат в допустимых пределах, окно закроется, и Вы сможете провести вычисления. Если же хоть один из введённых параметров выходит за пределы области допустимых значений, то система выдаст окно с предупреждением о некорректности параметра (рис. 3.4).

## Ввод физических данных

Вызвать диалоговое окно ввода физических данных можно тремя способами:

- выбрать команду **Данные** |  **Физические данные...**;
- дважды щелкнуть мышкой по правой части окна «Заданные параметры» (рис. 2.1).
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl + I**.

Появившееся диалоговое окно (рис. 3.5) содержит данные, достаточно часто применяемые при проектировании кулачковых механизмов. Если необходимо внесите изменения и нажмите «Ок». Содержание этого окна зависит от типа кулачкового механизма.

В окне действует проверка вводимых параметров. Проверка активизируется после нажатия кнопки «Ок».

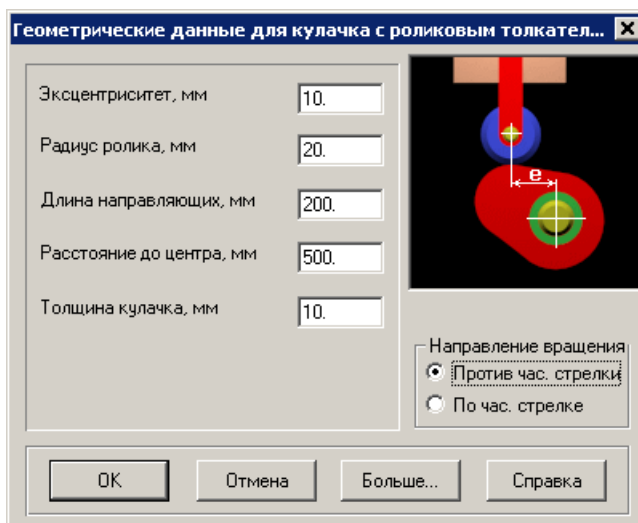


Рис. 3.2 Диалоговое окно ввода основных геометрических данных.

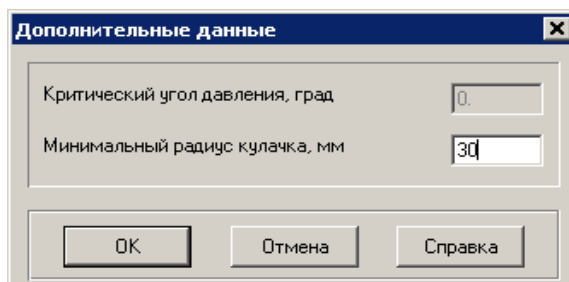


Рис. 3.3 Диалоговое окно ввода дополнительных геометрических данных.

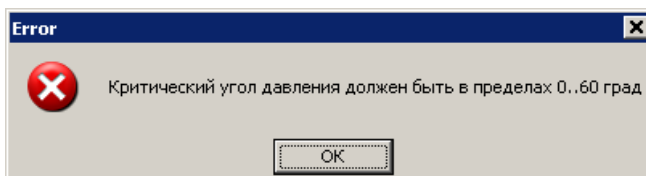


Рис. 3.4 Сообщение о некорректности параметра.

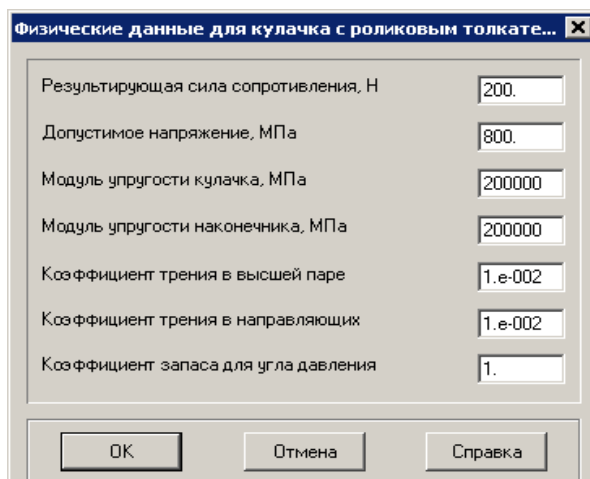


Рис. 3.5 Окно ввода физических данных.

В случае если введённые данные лежат в допустимых пределах, окно закроется, и Вы сможете провести вычисления. Если же хоть один из введённых параметров выходит за пределы области допустимых значений, то система выдаст окно с предупреждением о некорректности параметра (рис. 3.6).

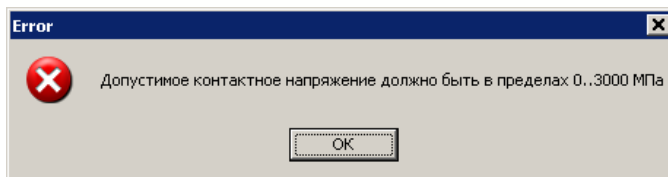


Рис. 3.6 Сообщение о некорректности параметра.

### Задание закона движения

Задание закона движения становится доступным только после задания геометрических и физических данных. Для задания закона движения служит специализированный редактор функций. Вызвать редактор функций можно тремя способами:

- выбрать команду **Данные | Функция...**;
- дважды щелкнуть мышкой по окну «Закон движения» (рис. 2.1).
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl + F**.

В качестве примера было задан закон ускорения толкателя в зависимости от угла поворота кулачка.

Подробное описание задание функции в редакторе описано в главе 4.

### 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.

Во время расчета появляется информационное окно, показывающее процент выполнения вычислений. Если система не может рассчитать кулачок с указанными параметрами, то выводится сообщение об ошибке (рис. 3.7). Измените значения исходных данных и повторите вычисления.

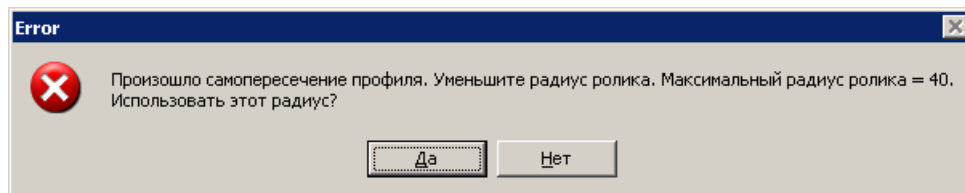



Рис. 3.7 Сообщение об ошибке при расчёте.

### Просмотр результатов

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

- выбрать команду **Результаты...** в главном меню;
- нажать кнопку  пиктографического меню;

На экране появится диалоговое окно (рис. 3.8) выбора результатов для просмотра. Каждая кнопки окна отвечает за демонстрацию отдельной группы результатов. Содержание окна зависит от типа кулачкового механизма. На рисунке 3.8 показано окно для кулачкового механизма с поступательным роликовым толкателем. Рассмотрим результаты подробнее.

При расчете результатов шаг угла поворота кулачка принимается равным  $1^\circ$ .

Кнопка «Профиль кулачка» вызывает диалоговое окно (рис. 3.9) для просмотра анимации движения кулачкового механизма. Справочник команд для управления просмотром анимации представлен в таблице 3.1. В строке состояния окна «Профиль кулачка» отображаются текущие координаты курсора и значение минимального радиуса кулачка. С помощью линеек-полос прокрутки можно изменить положение схему кулачкового механизма для лучшего просмотра. Начало координат совпадает с центром вращения кулачка.

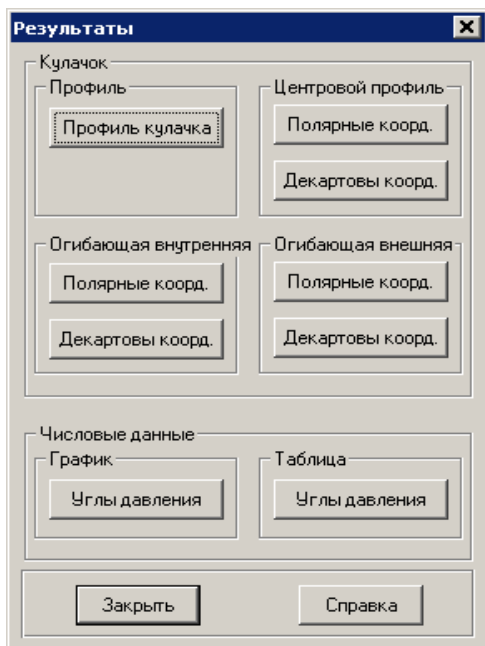


Рис. 3.8 Диалоговое окно выбора результатов для просмотра.

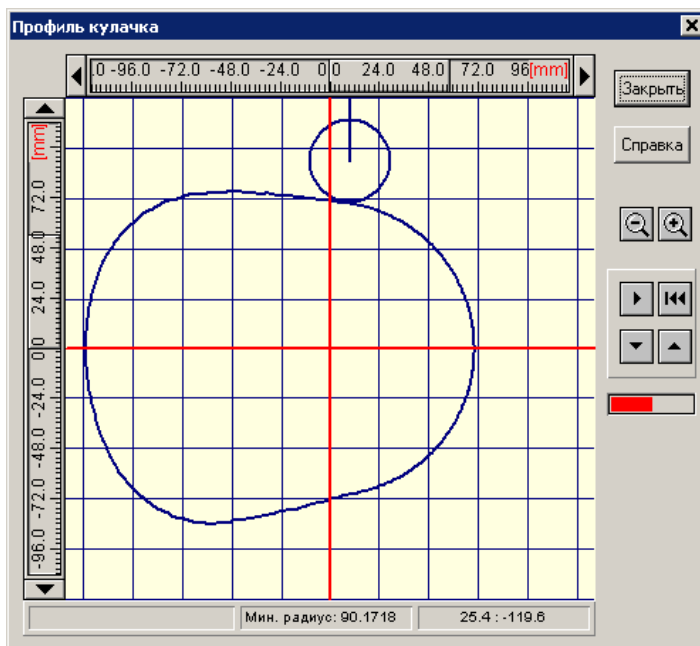


Рис. 3.9 Диалоговое окно Профиль кулачка.

Таблица 3.1 – Справочник команд окна «Профиль кулачка».

Пиктограмма	Описание команды
	Изменение масштаба отображения схемы кулачкового механизма
	Пуск / стоп вращения кулачка.
	Возврат кулачка в первоначальное положение. Первоначальное положение определяется законом движения и направлением вращения.
	Уменьшение / увеличение скорости вращения кулачка.
	Графический индикатор скорости вращения кулачка

Кнопка «Полярные коорд.» и «Декартовы коорд.» вызывают результаты расчета в виде таблицы соответственно Центрального профиля (рис. 3.10 – 3.11), Огибающей внешней или внутренней в одной из систем координат. Для последующей работы с табличными данными удобно использовать сгенерированный отчет в формате RTF.

Угол поворота кулачка...	Полярный угол, град	Полярный радиус, мм
0	83.6328	90.1718
1	84.6339	90.1870
2	85.6371	90.2324
3	86.6425	90.3081
4	87.6500	90.4140
5	88.6596	90.5503
6	89.6712	90.7168
7	90.6850	90.9136
8	91.7008	91.1407
9	92.7186	91.3980
10	93.7384	91.6857
11	94.7601	92.0036
12	95.7837	92.3519
13	96.8092	92.7304
14	97.8365	93.1393

Рис. 3.10 Полярные координаты центрального профиля кулачка.

Угол поворота кулачка...	Координата X, мм	Координата Y, мм
0	10.0000	89.6156
1	8.4342	89.7917
2	6.8642	89.9709
3	5.2890	90.1531
4	3.7074	90.3380
5	2.1182	90.5255
6	0.5205	90.7153
7	-1.0869	90.9071
8	-2.7051	91.1005
9	-4.3351	91.2952
10	-5.9780	91.4906
11	-7.6348	91.6863
12	-9.3067	91.8817
13	-10.9945	92.0763
14	-12.6992	92.2695

Рис. 3.11 Декартовы координаты центрального профиля кулачка.

Кнопки «Углы давления» вызывают окна просмотра в виде графика (рис. 3.12) и таблицы (рис. 3.13) соответственно.

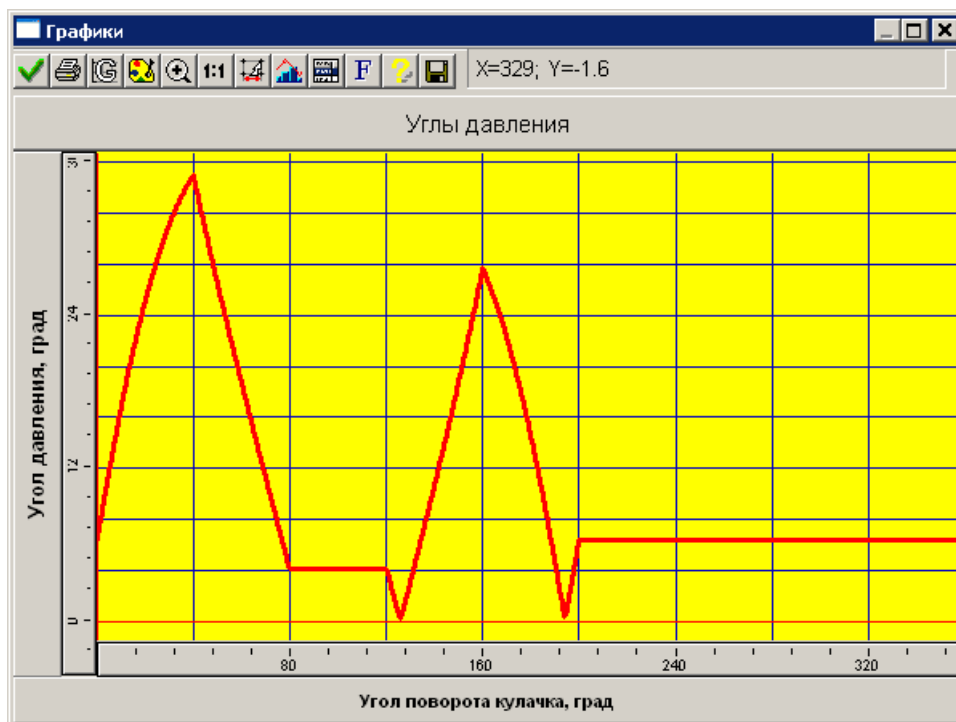


Рис. 3.12 График углов давления.

Система показа графиков предназначена для представления результатов расчета в графическом виде. Вы можете настроить их стиль (тип линии, цвет, вид маркера и т.д.). Кроме графического представления данных, Вы можете просмотреть их и в численном виде. Справочник команд для работы с графиком результатов представлен в таблице 3.2. В верхней части окна показа графиков отображаются текущие координаты курсора. Для уточнения численного значения параметра необходимо навести курсор на интересующую точку графика.

**Таблица 3.2 – Справочник команд системы показа графиков**

Пиктограмма и наименование команды	Описание команды
Ок	Закрывает окно системы показа графиков.
Печать	Печать графика и таблицы значений на принтере или в *.rtf-файл.
Сетка	Настройка шага для каждой оси и типа сетки.
Палитра	Настройка цветовой палитры.
Увеличить	Увеличение рамкой участка графика.
Масштаб 1:1	Масштаб 1:1.
Шаг курсора	Настройка шага курсора для каждой оси.
Стилль графика	Настройка стилия графика: вид графика; тип, толщина и цвет линии; тип и размер маркера.
Значения	Табличное представление данных.
Шрифт	Настройка шрифта подписей графика.
Справка	Справка по работе с системой показа графиков.
Сохранить	Сохранение данных в формате MS Excel.

Угол поворота кулачка, град	Угол давления, град
0	6.3672
1	7.4656
2	8.5552
3	9.6344
4	10.7014
5	11.7545
6	12.7923
7	13.8133
8	14.8163
9	15.8001
10	16.7636
11	17.7060
12	18.6263
13	19.5239
14	20.3982

Рис. 3.13 Таблица углов давления.

## Создание рабочего чертежа кулачка

Создание рабочих чертежей кулачков является важной особенностью системы *APM Cam*, отличающей ее от многих других подобных систем. После окончания расчета Вы можете создать рабочий чертеж кулачка. Для этого Вам нужно проделать следующие действия:

1. Выберите команду **Чертеж...** главного меню или соответствующую кнопку пиктографического меню
2. При появлении главного окна подсистемы генерации чертежа (рис. 3.14) необходимо ввести параметры, характеризующие чертёж и конструктивное исполнение кулачка. После этого сохраните чертеж в формате \*.agr (система *APM Graph* запустится автоматически) или в формате \*.dxf.
3. Если необходимо, выполните окончательное редактирование чертежа в системе *APM Graph*. Печать чертежа возможна из графического редактора *APM Graph*.
4. Выйдите из системы *APM Graph* для продолжения работы с *APM Cam*.

## Ввод параметров чертежа

В главном окне подсистемы генерации чертежей (рис. 3.14) можно выделить несколько зон, каждая из которых отвечает за свою группу параметров.

*Зона 1* – Штмп (Основная надпись).

*Зона 2* – Конструктивное исполнение кулачка (построение).

*Зона 3* – Технические требования.

*Зона 4* – Угловой шаг в таблице координат профиля.

Соответствующая зона может быть выбрана двойным щелчком левой кнопки мыши. Активизированная зона выделяется пунктирной рамкой. Задание конструктивного исполнения кулачка является обязательным. Только после этого кнопка «Сохранить как...» будет активна.



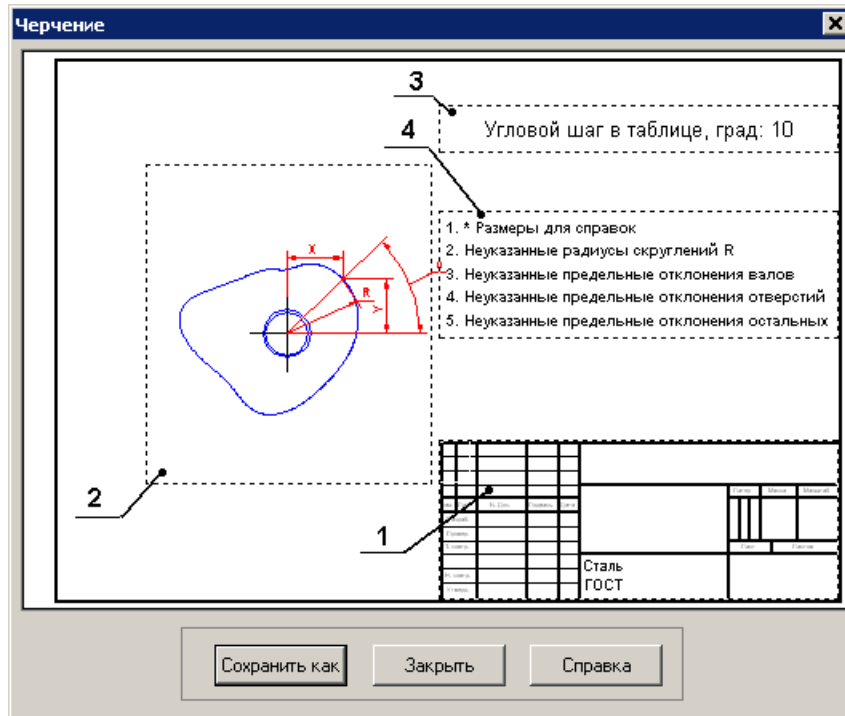


Рис. 3.14 Главное окно подсистемы генерации чертежа.

### Заполнение штампа

Диалоговое окно *Заполнение штампа* (рис. 3.15) Вы можете открыть, дважды кликнув мышкой по изображению штампа (зона 1) в главном окне генерации чертежей.

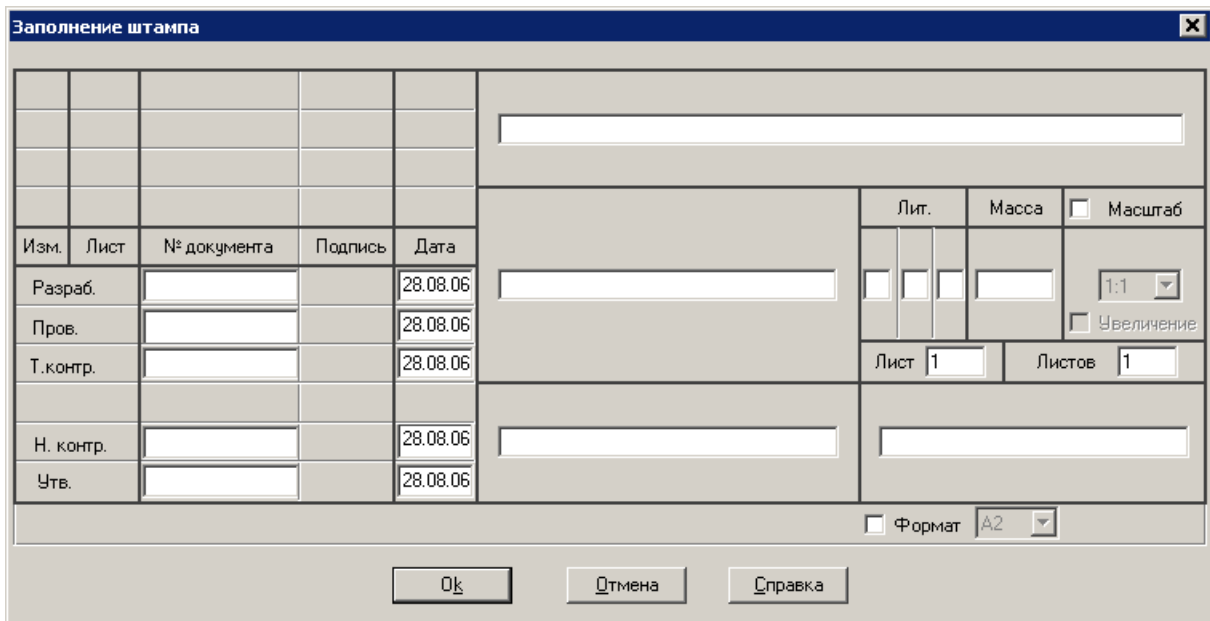


Рис. 3.15 Диалоговое окно заполнения штампа чертежа.

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 масштабирует 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 WINCAM.ini. Это удобно сделать чтобы автоматизировать заполнение отдельных полей: чертил, проверил и т.д. Описание файла WINCAM.ini изложено в главе 5.

### Выбор конструктивного исполнения

Для выбора конструктивного исполнения нажмите дважды по изображению кулачка (зона 2) в окне генерации чертежей. При этом Вы попадёте в цепочку диалогов ввода параметров. Каждое последующее окно в этой цепочке появится только в том случае, если Вы нажмёте кнопку «Следующий» в текущем окне, подтвердив тем самым выбор. Варианты каждого конструктивного исполнения кулачка представлены в виде кнопки с поясняющей схемой, так что выбор не должен представлять каких-либо трудностей.

Последовательность диалоговых окон следующая:

- Выбор типа ступицы кулачка (рис. 3.16).
- Выбор способа закрепления кулачка на валу (3.17).
- Выбор параметров шлицов (рис. 3.18), только для шлицевого соединения.
- Задание размера отверстия крепления кулачка (рис. 3.19).

После ввода всех конструктивных параметров, становится доступной кнопка «Сохранить как...».

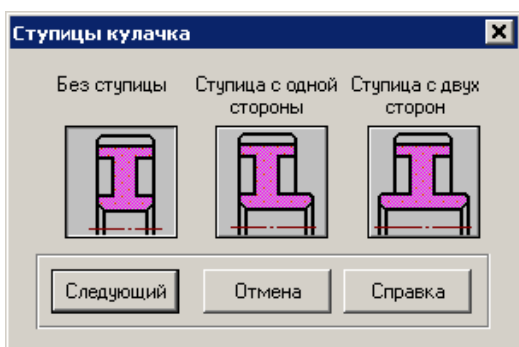


Рис. 3.16 Окно выбора типа ступицы.

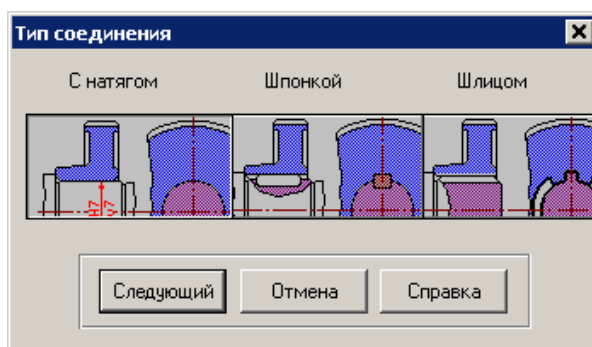


Рис. 3.17 Окно выбора типа соединения.

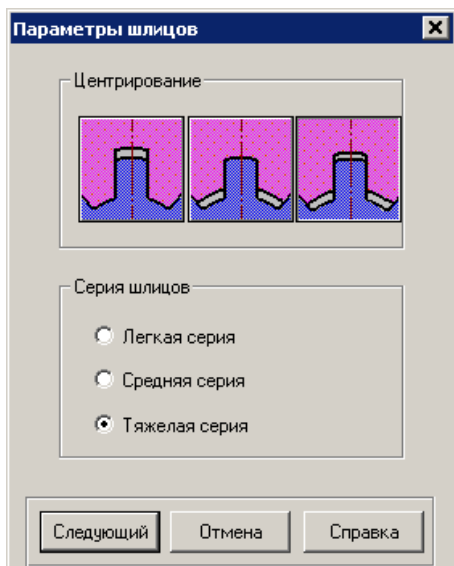


Рис. 3.18 Окно выбора типа шлицов.

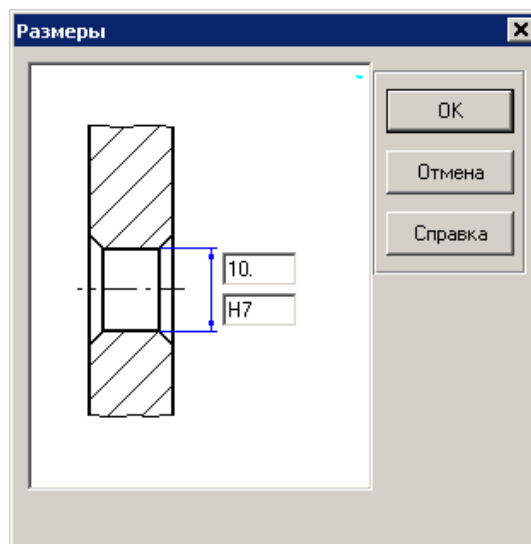


Рис. 3.19 Окно задания размеров отверстия.

### Ввод технических требований

Диалоговое окно ввода технических требований (рис. 3.20) Вы можете открыть, дважды кликнув мышкой по техническим требованиям (зона 3) в главном окне генерации чертежей.

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 после генерации чертежа.

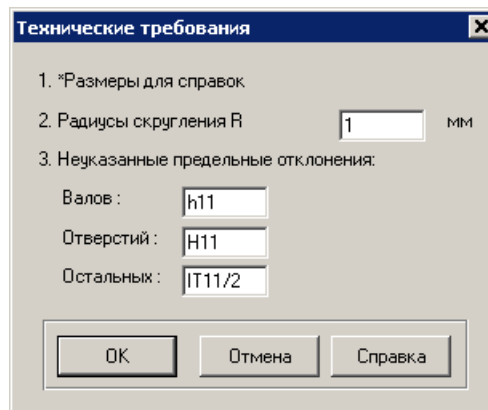


Рис. 3.20 Диалоговое окно ввода технических требований.

### Ввод углового шага

Диалоговое окно ввода углового шага (рис. 3.21) Вы можете вызвать, дважды кликнув мышкой по соответствующей надписи (зона 3) в главном окне генерации чертежей.

С таким угловым шагом будут идти данные в таблице на чертеже.

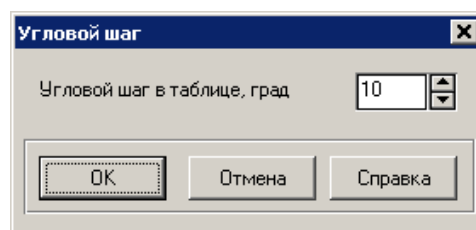



Рис. 3.21 Окно ввода углового шага.

### Сохранение исходных данных и результатов расчета

При работе с системой *APM Cam* Вы можете сохранить исходные данные и результаты расчётов в файл на жёстком диске или съёмном носителе в нескольких форматах. Сохранение возможно после задания типа кулачкового механизма.


Для сохранения исходных данных и результатов расчета в файл *APM Cam* (\*.wcs) служит команды **Файл | Сохранить** (Ctrl+S). В появившемся диалоговом окне выберете папку и введете 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 (\*.wcs) или (\*.txt) – файл результатов расчета в текстовом формате, разделитель «;».

Для открытия ранее сохраненного файла воспользуйтесь командой **Файл |  Открыть...** (Ctrl+L). При этом на экране появится диалоговое окно выбора файла для открытия.

При открытии сохраненного ранее файла Вы возвращаете систему в то состояние, в котором она находилась в момент сохранения. После открытия файла Вы можете продолжить работу с того места, на котором ее прервали, изменить исходные данные, провести новые расчёты и т.д.

## 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**  пиктографического меню;
- выбрать команду **Файл | Печать...**
- нажать на клавиатуре комбинацию клавиш Ctrl+P.

В появившемся диалоговом окне (рис. 3.22) выберете интересующие исходные данные и результаты расчета и нажмите кнопку «Печать» для вывода информации на принтер или кнопку «RTF» для генерации текстового файла отчета в формате (\*.rtf).

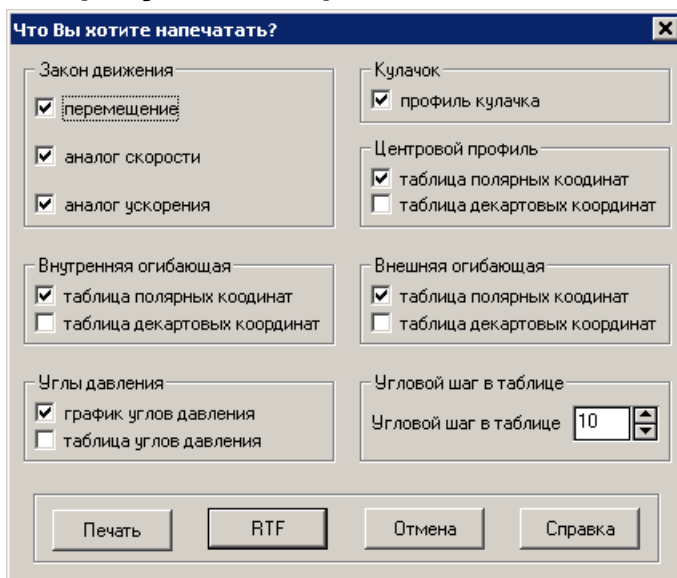


Рис. 3.22 Окно выбора для печати исходных данных и результатов расчета.

## Выход

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

## Глава 4. Редактор функций

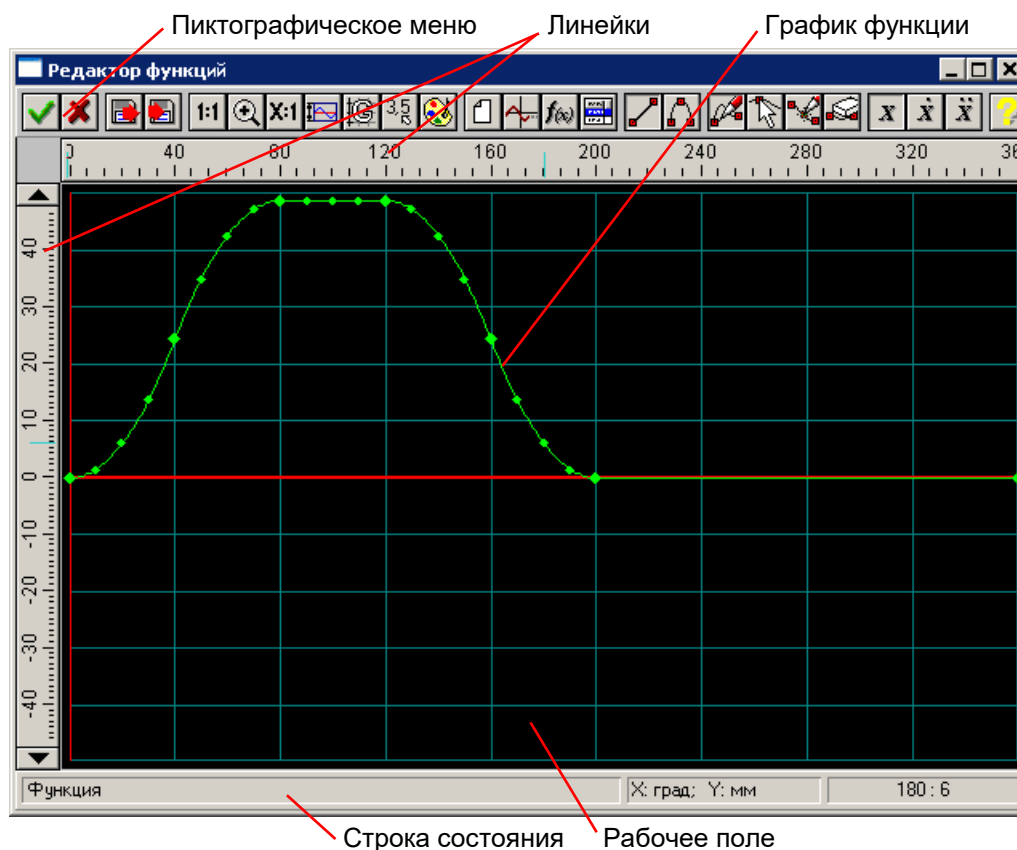
### Общие сведения

Редактор функций APM\_FNED предназначен для задания закона движения толкателя или коромысла в виде кусочно-непрерывной функции. Редактор позволяет как графическое, так и аналитическое задание функции. В данной главе представлен справочник команд редактора функций, методику графического и аналитического задания фрагментов функции, а также примеры законов движения.

Закон движения толкателя или коромысла может быть задан в одной из форм (таблица 4.1). Следует также заметить, возможно также использование комбинированных форм. Например один участок кусочно-непрерывной функции как первая производная, а другой как вторая производная и т.д.

**Таблица 4.1 – Формы задание закона движения.**

Шкалы графика	X	Y	
Тип кулачкового механизма	Любой	с толкателем	с коромыслом
$x$ Функция, ед. изм.	Град	Перемещение, мм	Угол поворота коромысла, град
$\dot{x}$ Первая производная, ед. изм.	Град	Скорость, мм/рад	Скорость изменения угла поворота, град/град
$\ddot{x}$ Вторая производная, ед. изм.	Град	Ускорение, мм/рад <sup>2</sup>	Ускорение изменения угла поворота, град/град <sup>2</sup>



**Рис. 4.1** 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. 4.1).



Таблица 4.2 – Команды редактора функций.

Название команды	Описание команды
 <b>Ок</b>	Завершение редактирования функции и возврат в программу <i>APM Cat</i> , с сохранением всех изменений.
 <b>Отмена</b>	Выход в программу <i>APM Cat</i> без сохранения изменений.
 <b>Открыть</b>	Открыть функцию в формате *.fnd или файл данных с разделителями, созданный в текстовом редакторе или в <i>MS Excel</i> .
 <b>Сохранить</b>	Сохранить функцию в формате *.fnd или файл данных с разделителями для вставки, например в таблицу <i>Excel</i> .
 <b>Масштаб 1:1</b>	Установка масштаба 1:1, например после команды Увеличить.
 <b>Увеличить</b>	Увеличить фрагмента графика прямоугольной областью до окна.
 <b>Масштаб</b>	Задание масштаба графика по вертикали в диалоговом окне.
 <b>Пределы</b>	Задание пределов изменения графика по оси X и Y.
 <b>Сетка</b>	Задание шага сетки по оси X и Y и типа сетки в диалоговом окне.
 <b>Шаг курсора</b>	Задание шага курсора по оси X и Y в диалоговом окне.
 <b>Палитра</b>	Настройка цветов отдельных элементов редактора и графика.
 <b>Новая функция</b>	Удаление существующего графика и создание нового.
 <b>Продлить функцию</b>	Продлить функцию до правого предела добавлением горизонтальной линии.
 <b>Аналитическое задание функции</b>	Аналитическое задание функции вида $Y = f(X)$ в определенном диапазоне аргумента X в диалоговом окне.
 <b>Таблица</b>	Задание точек графика по координатам.
 <b>Линия</b>	Выбор объекта <i>Линия</i> для добавления или встраивания.
 <b>Сплайн</b>	Выбор объекта <i>Сплайн</i> для добавления или встраивания.
 <b>Добавить объект</b>	Режим добавления нового объекта (линия или сплайн).
 <b>Редактировать функцию</b>	Режим редактирования; позволяет изменять положение начальных и конечных точек линии, сплайна и аналитической функции.
 <b>Вставить объект</b>	Встроить новый объект (линия или сплайн) между двумя уже существующими.
 <b>Удалить объект</b>	Режим удаления объектов.
 <b>Функция</b>	Режим задания функции.
 <b>Первая производная</b>	Режим задания первой производной функции.
 <b>Вторая производная</b>	Режим задания второй производной функции.
 <b>Справка</b>	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» является достаточно удобными для построения наиболее распространенных графиков функций.

#### Масштаб

Команда  **Масштаб** вызывает диалоговое окно (рис. 4.2), 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 **1:1 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. 4.3), в котором Вы можете задать горизонтальные (по X) и вертикальные (по Y) пределы для графика.

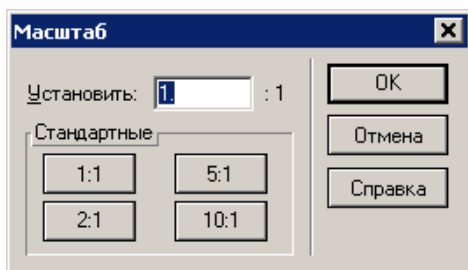


Рис. 4.2 Диалоговое окно Масштаб.

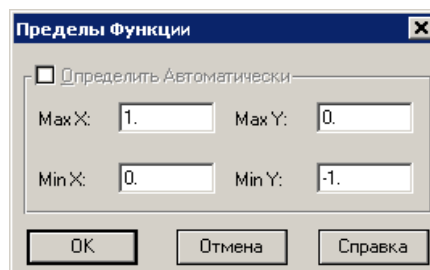


Рис. 4.3 Диалоговое окно Пределы.

### Сетка

Для лучшего визуального контроля при задании графика функции в поле редактора может выводиться вспомогательная прямоугольная сетка. Команда **Сетка** вызывает диалоговое окно (рис. 4.4), в котором Вы можете задать шаг сетки по X и по Y, а также тип сетки.

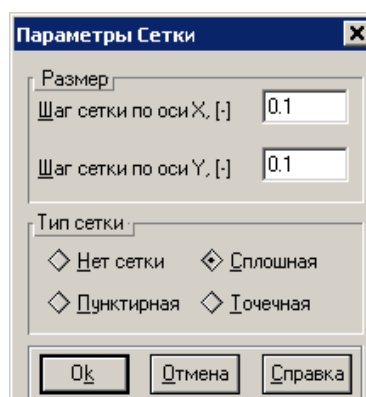


Рис. 4.4 Диалоговое окно Параметры Сетки.

### 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. 4.5), в котором Вы можете задать шаг курсора по X и по Y.

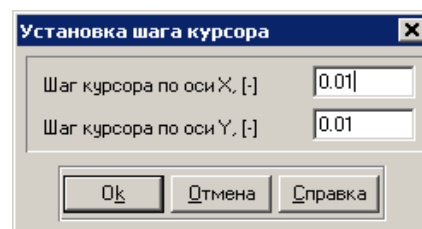



Рис. 4.5 Диалоговое окно Шаг курсора.

## 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. 4.6) 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*».

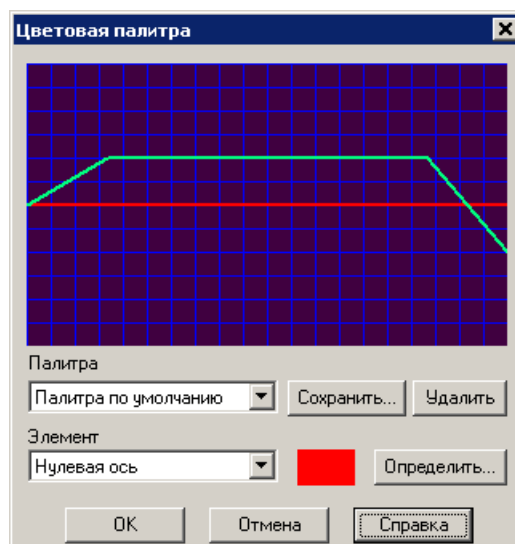


Рис. 4.6 Диалоговое окно Цветовая палитра.

## Задание графика функции

Перед заданием графика необходимо, в первую очередь, выбрать вид задаваемой зависимости (таблица 4.1), т.е. что это – функция, первая или вторая производная.


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. 4.7). Форматы (\*.prn) и (\*.csv) могут быть созданы в табличном редакторе, например MS Excel.

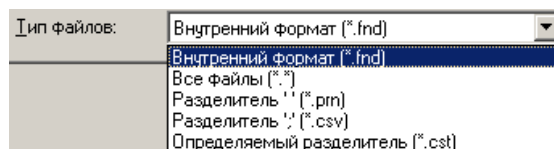



Рис. 4.7 Форматы загрузки данных.

### Задание графика функцией $Y = f(X)$

Кнопка  **Аналитическое задание функции** вызывает диалоговое окно (рис. 4.8), 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. 4.9). 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 выводится соответствующее предупреждение. При конвертации в сплайн будут сняты ограничения, которые вводятся при наличии аналитической функции, но при этом потеряется точность.

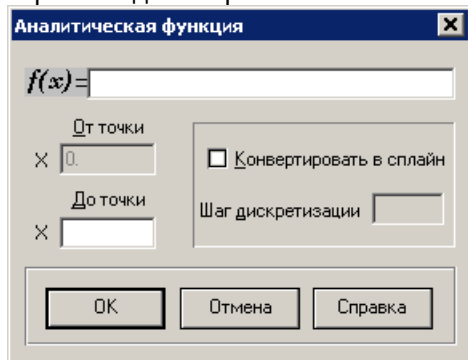


Рис. 4.8 Диалоговое окно Аналитическая функция.

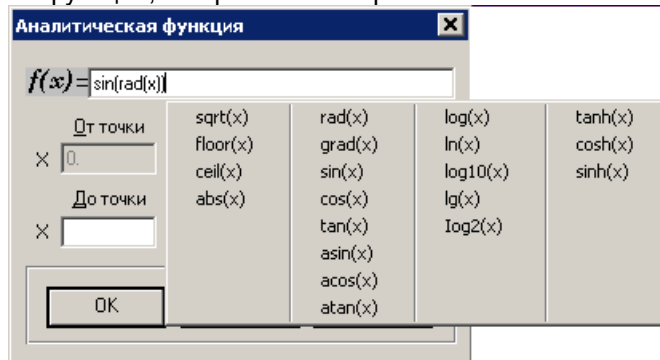


Рис. 4.9 Контекстное меню стандартных функций.

### 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.

#### Операции:

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

#### 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.

#### Предопределенные константы:


- $M\_PI$  – число  $\pi = 3.142$ ;
- $M\_EXP$  – число  $e = 2.718$ .

#### Примеры выражений:

- $f(x) = x^{**2}+6.56*x-3.11$  (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. 4.10). 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*.



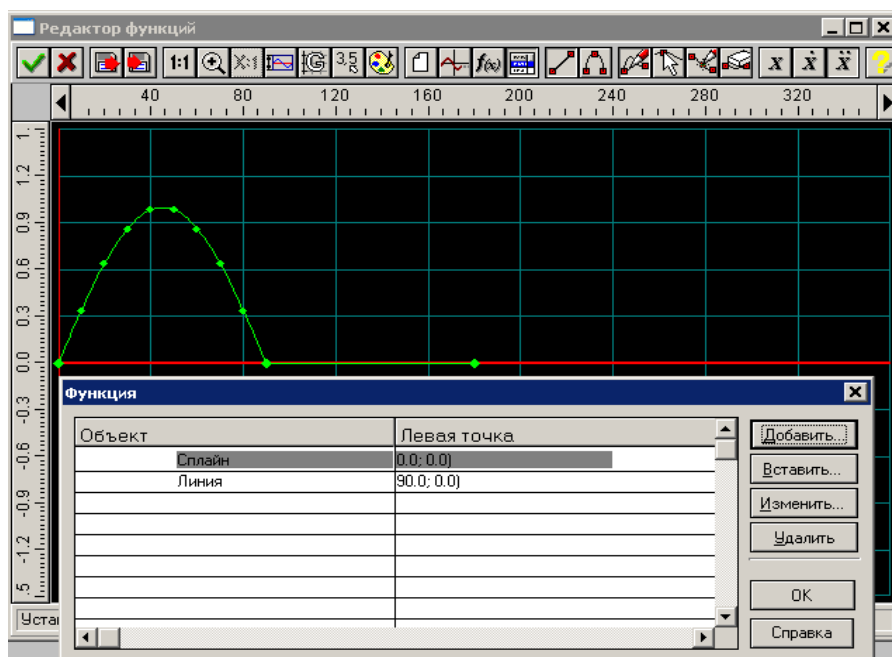


Рис. 4.10 Окно Функция.

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. 4.11) 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. 4.12). 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. 4.10).

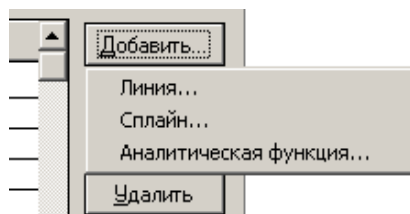


Рис. 4.11 Контекстное меню Добавить...

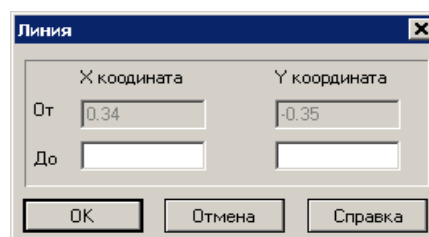


Рис. 4.12 Диалоговое окно Линия.

При **добавлении сплайна** открывается соответствующее диалоговое окно (рис. 4.13). Сплайн 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 *Сплайн* открывает дополнительное диалоговое окно для ввода координат новой точки (рис. 4.14). 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 *Сплайн* (рис. 4.13, 4.14) 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 *Сплайн*

приведет к удалению выделенной точки из сплайна. Для завершения ввода сплайна нажмите кнопку «ОК» в окне *Сплайн*.

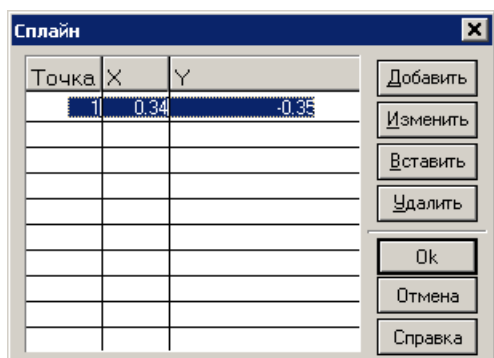


Рис. 4.13 Диалоговое окно *Сплайн*.

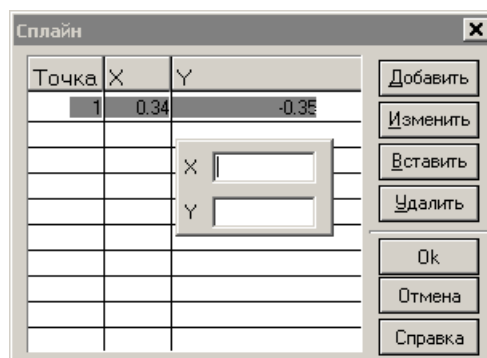


Рис. 4.14 Ввод координат новой точки сплайна.

**Добавление аналитической функции** осуществляется при выборе соответствующего пункта из контекстного меню (рис. 4.11) 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 ввода), 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.

**Замечание.** Для расчетов используется график перемещения, поэтому задание аналитической функции первой и второй производной автоматически конвертируется в сплайн с заданным шагом дискретизации. На рисунке 4.15 представлен пример конвертирования синусоиды, заданной аналитически.

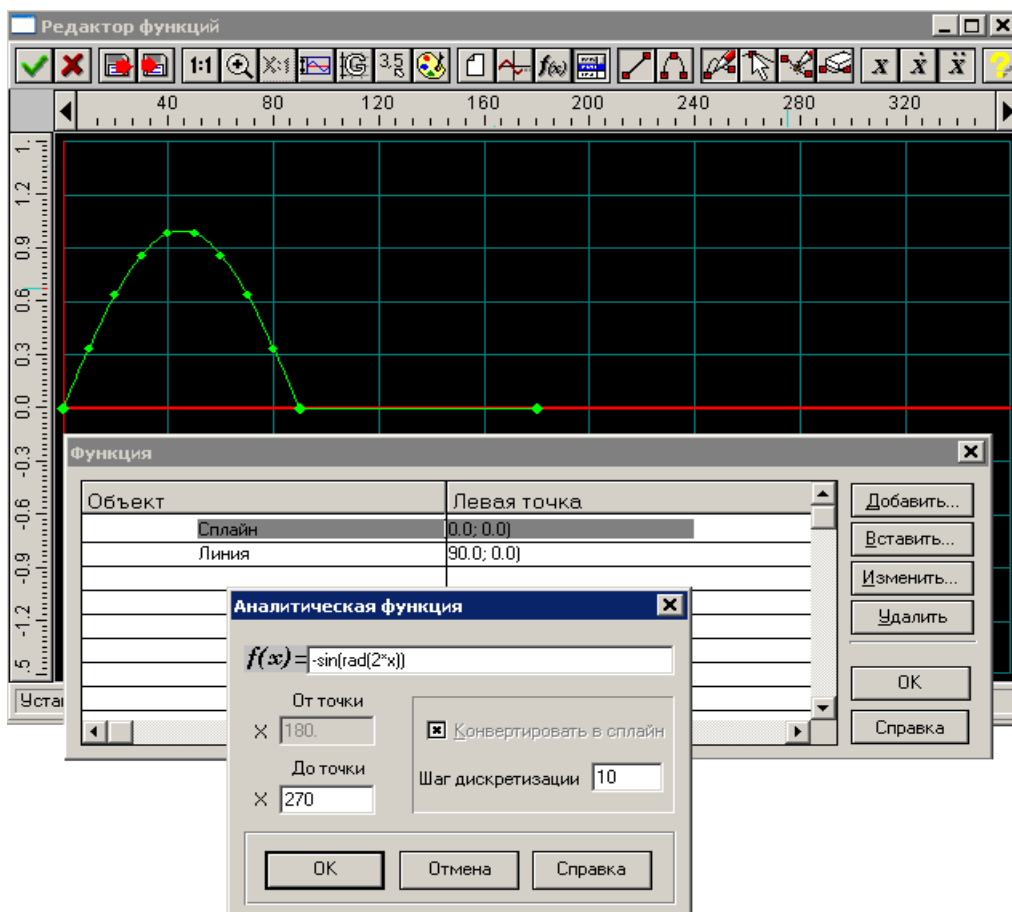


Рис. 4.15 Преобразование аналитической функции в сплайн.

### 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. 4.16а). 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. 4.16б).

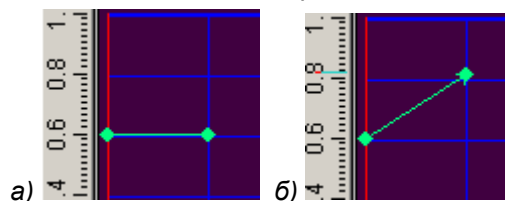



Рис. 4.16 Ввод начальной точки.

- 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 левой кнопки 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 редактирования сплайна нажмите клавишу «ПРОБЕЛ» на клавиатуре. Удаление точки на сплайне происходит после щелка 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. 4.9) 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 отпуская 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 и точность аналитического.

Если при графическом задании функции нажатием кнопки  **Таблица** вызвать диалоговое окно *Функция* (рис. 4.10), 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. 4.17).

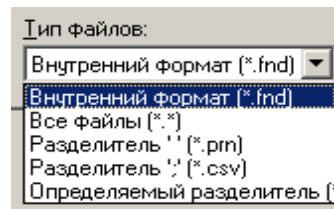


Рис. 4.17 Форматы сохранения данных.

### Примеры законов движения кулачковых механизмов

В ряде случаев удобно задавать закон движения толкателя в форме второй производной. Так, на рисунках 4.18 – 4.19 представлен один и тот же закон движения в виде функции и ее второй производной.

Рассмотрим типовые законы движения.

#### 1. Закон движения с постоянной скоростью.

Толкатель будет перемещаться на всем интервале движения с постоянной скоростью, а не границах интервала движения скорость толкателя будет мгновенно изменять свое значение, при этом ускорение теоретически неограниченно возрастает. Практически за счёт упругости и деформации звеньев ускорения, а, следовательно, и инерционные нагрузки, имеют конечную, но очень большую величину. Поэтому в начале и в конце движения происходят жесткие удары. Поэтому не рекомендуется применять законы движения с мгновенным изменением скорости (с точками излома на профиле кулачка).

#### 2. Закон движения с постоянным ускорением (рис. 4.20(2))

Жестких ударов можно избежать, используя закон, при котором толкатель сначала движется равноускоренно, а потом равнозамедленно. Однако при переходе от равноускоренного к равнозамедленному движению мгновенно изменяется направление ускорения, а следовательно, и силы инерции, что проявляется в виде удара и приводит к упругим колебаниям и увеличению динамических нагрузок. Однако эти удары гораздо менее опасны и поэтому получили название мягких ударов.

### 3. Косинусоидальный закон движения (рис. 4.20(4))

Избежать мгновенного изменения ускорения по направлению можно, применяя закон косинусоидального ускорения, при котором в начале и в конце движения, если далее следует выстой, происходит изменение ускорения по величине, что также дает мягкий удар. Закон с линейным изменением ускорения представлен на рисунке 4.20 (1).

### 4. Синусоидальный закон движения (рис. 4.20(3))

Наконец, можно найти законы изменения ускорения, называемые безударными, в которых нет скачков изменений скоростей и ускорений, поэтому движение происходит без ударов. Например, закон движения с ускорением, изменяющимся по синусоиде (рис. 4.20(3)), и один из законов движения, в которых зависимость перемещения от времени представлена в виде степенного многочлена.

Разновидность безударного изменения ускорения по линейному закону представлена на рисунке 4.20 (5).

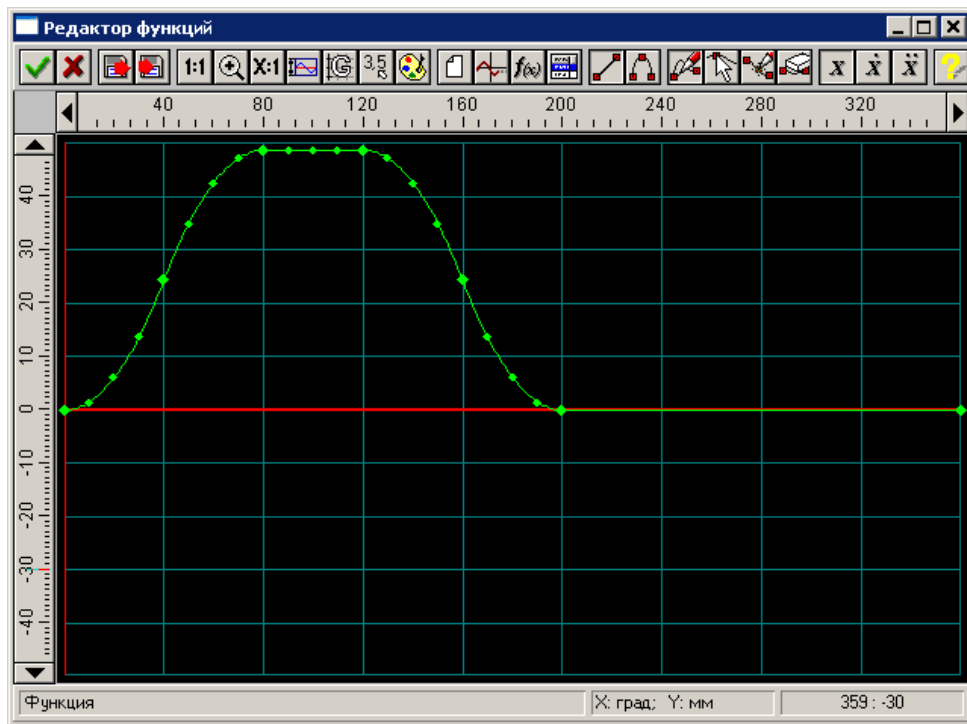


Рис. 4.18 Пример закона движения толкателя в виде перемещения.

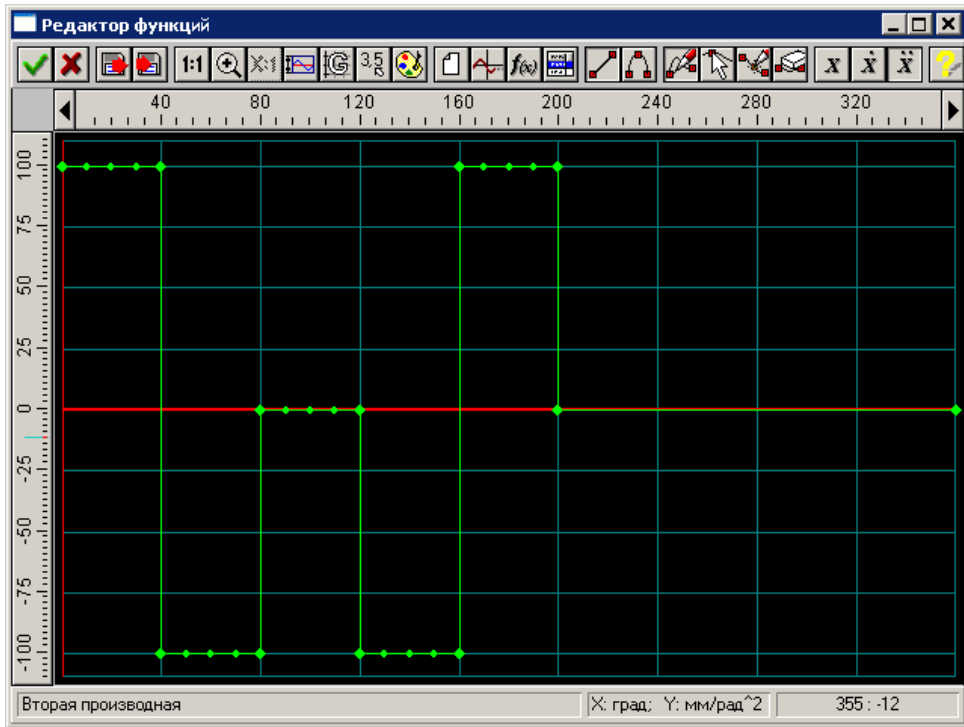


Рис. 4.19 Пример закона движения толкателя в виде ускорения.

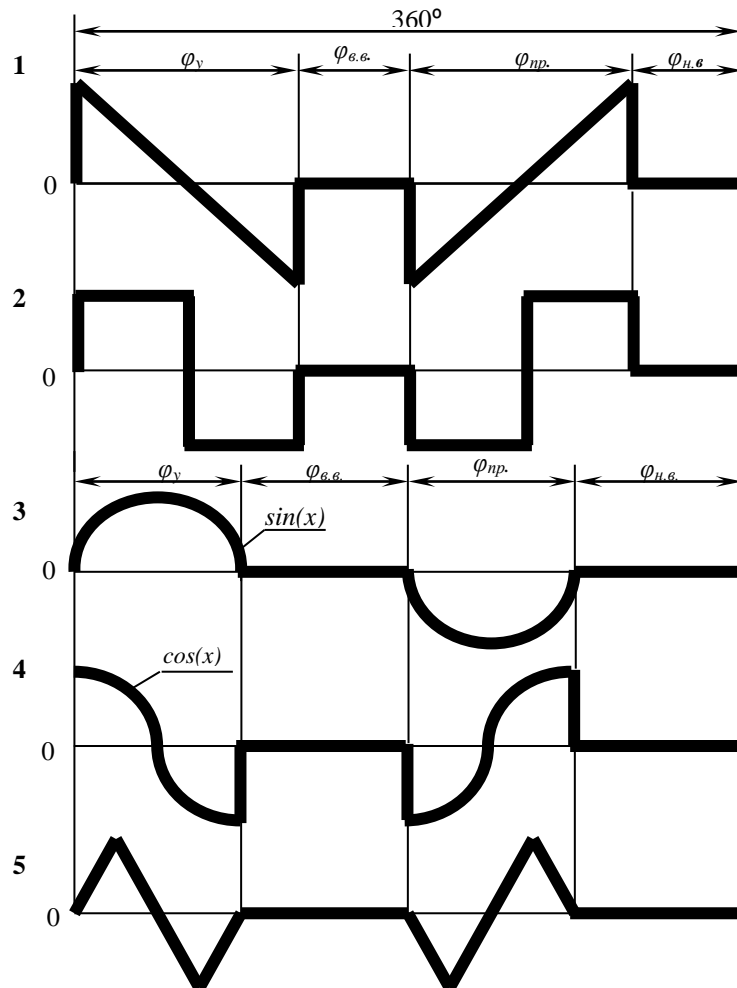


Рис. 4.20 Характерные формы законов движения в виде ускорения (второй производной).

## Глава 5. Файл инициализации системы `wincam.ini`

Файл инициализации WINCAM.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 WINCAM.INI создается программой инсталляции в директории *Windows* (директория, содержащая файл `win.com`). Файл записывается в 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:

### [call]

```
ACAD=YES
ACAD.EXE=acad.exe
PROTOTYPE=acadapm
IMPORT=_dxfin
ZOOM=_zoom
ZOOM2=_a
```

### [database]

```
STANDARD=1
```

### [path]

```
ACAD=d:\ACAD\
```

### [draw]

```
1. DESIGN=
2. CHECK=
3. NCHECK=
4. TCHECK=
5. CONFIRM=
6. LABEL=
7. NAME=
8. FACTORY=
9. NCONTROL=
10. TCONTROL=
11. MATERIAL=
12. STANDARD=1475-78
13. LITER=000
14. FIRM=
15. DEPARTMENT=Demo
16. RADIUS=1.
17. SHAFTACC=h11
18. OPENINGACC=H11
19. ANOTHERACC=IT11/2
20. LENGTH=10.
21. DISPLACEMENT=0.
22. DIAMETER=10.
23. DIAMETERACCKVPL=H7
24. DIAMETEREXT=12.
25. STYPE=0.
26. COMBINATION=0.
27. SERIES=2.
28. CTYPE=2.
```

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, **[path]** - пути к файлам, необходимым системе *APM Cam*. Рассмотрим содержимое каждого раздела подробнее.



### Раздел [call]

1. ACAD - флажок запрета/разрешения вызова CAD системы.
2. ACAD.EXE - имя главного исполняемого модуля CAD системы.
3. PROTOTYPE - имя файла прототипа чертежа. Чертеж-прототип должен содержать несколько предопределённых блоков.  
Поля, описывающие Script файл (файл сценария) системы AutoCAD:
4. IMPORT - название команды импорта DXF-файла системы AutoCAD. Поле введено для простоты подключения локализованных версий системы AutoCAD.
5. ZOOM - название команды показа части чертежа.
6. ZOOM2 - опция команды показа чертежа, отвечающая за показ всего чертежа.

### Раздел [database]

1. STANDARD – текущий стандарт, используемый базой данных.

### Раздел [path]

1. ACAD - полный путь до исполняемого модуля CAD системы.

### Раздел [draw]

1. DESIGN - фамилия и инициалы лица, разработавшего чертёж.
2. CHECK - фамилия и инициалы лица, проверившего чертёж.
3. NCHECK- фамилия и инициалы нормоконтролёра.
4. TCHECK- фамилия и инициалы тех. контролёра.
5. CONFIRM - фамилия и инициалы лица, утвердившего чертёж.
6. LABEL - обозначение чертежа.
7. NAME - имя чертежа
8. FACTORY- наименование организации, разработавшей чертёж.
9. NCONTROL- фамилия и инициалы нормоконтролёра.
10. TCONTROL- фамилия и инициалы тех. контролёра.
11. MATERIAL - марка материала.
12. STANDARD - стандарт на материал.
13. LITER - литера чертежа.
14. FIRM - наименование организации, разработавшей чертёж.
15. DEPARTMENT - наименование подразделения организации, разработавшей чертёж.
16. RADIUS - величина необозначенных радиусов.
17. SHAFTACC - точность размеров выполненных в системе вала.
18. OPENINGACC - точность размеров выполненных в системе отверстия.
19. ANOTHERACC - точность других размеров.
20. LENGTH - длина ступицы. Действительное число.
21. DISPLACEMENT - смещение торца ступицы по отношению к торцу кулачка. Действительное число.
22. DIAMETER - диаметр отверстия в ступице. Действительное число.
23. DIAMETERACKVPL - поле допуска и качество отверстия в ступице колеса.
24. DIAMETEREXT - диаметр ступицы. Действительное число.
25. STYPE - тип ступицы. Целое число в диапазоне 0 - 2.
26. COMBINATION - тип соединения колеса с валом. Целое число в диапазоне 0 - 2.
27. SERIES - серия шлицевого соединения. Целое число в диапазоне 0 - 2.
28. CTYPE - способ центрирования шлицевого соединения. Целое число в диапазоне 0 - 2.

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