



APM Dynamics

Руководство пользователя

APM Dynamics

Динамический анализ механизмов

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 пользователя.....	5
Глава 1. Элементы интерфейса APM Dynamics	6
Общие сведения	6
Компоненты редактора механизмов	6
<i>Главное меню</i>	<i>7</i>
<i>Панели инструментов</i>	<i>8</i>
<i>Окно статуса</i>	<i>8</i>
<i>Рабочее поле</i>	<i>8</i>
<i>Линейки</i>	<i>8</i>
Использование мыши	8
Глава 2. Справочник команд APM Dynamics	9
Меню Файл.....	9
Меню Редактирование.....	10
Меню Вид.....	11
Меню Рисование	16
Меню Нагрузки	20
Меню Инструменты.....	22
Меню Свойства	25
Меню Окно	31
Меню Справка	31
Глава 3. Как работать с системой APM Dynamics	32
Начало работы	32
Команды динамического расчета	32
<i>Панель инструментов Датчики и мониторы</i>	<i>32</i>
<i>Панель инструментов Dynamics дополнительно</i>	<i>33</i>
План подготовки модели и выполнения расчета	33
Задание кулисы на стержне.....	33
Задание начальных условий.....	34
Задание закона движения	34
Связь между степенями свободы.....	35
Установка датчиков.....	35
<i>Установка датчиков кинематических параметров</i>	<i>36</i>
<i>Установки датчиков динамических параметров</i>	<i>36</i>
Создание мониторов.....	37
<i>Подключение датчиков к монитору движения относительно времени движения</i>	<i>37</i>
<i>Подключение датчиков к монитору относительного движения</i>	<i>37</i>
Выполнение расчета.....	38
Результаты расчета.....	38
<i>Анимация движения механизма</i>	<i>38</i>
<i>Мониторы датчиков</i>	<i>39</i>
Глава 4. Редактор сечений.....	40
Начало работы с редактором сечений.....	40
Создание поперечного сечения.....	41
Библиотеки сечений.....	43
<i>Добавление нового сечения в библиотеку сечений</i>	<i>43</i>
<i>Получение сечения из библиотеки</i>	<i>44</i>
<i>Обмен между библиотеками</i>	<i>45</i>
<i>Создание новой библиотеки сечений.....</i>	<i>45</i>
Глава 5. Редактор функций.....	47

Общие сведения	47
Справочник команд редактора функций	47
Настройки редактора	48
<i>Масштаб</i>	48
<i>Пределы</i>	48
<i>Сетка</i>	49
<i>Шаг курсора</i>	49
<i>Палитра</i>	49
Задание графика функции	49
Задание графика по координатам точек	50
Задание графика функцией $Y = f(X)$	50
Аналитическое задание объектов функции	51
Графическое задание объектов функции	54
Сочетание графического и аналитического задания функции	55
Сохранение графика функции	56

Введение

Основные положения

APM Dynamics представляет собой систему кинематического и динамического анализа механизмов, разработанную в НТЦ "Автоматизированное Проектирование Машин".

APM Dynamics позволяет определить закон движения стержневого механизма под действием приложенных внешних сил с учетом возможных деформаций конструкции.

С помощью **APM Dynamics** можно определить следующее:

- Моделирование процесса работы механизма;
- Зависимость линейных кинематических параметров: перемещений, скоростей и ускорений узлов от времени;
- Зависимость угловых кинематических параметров: углов между узлами, угловых скоростей и ускорений стержней от времени;
- Зависимость действующих в узлах динамических параметров: сил и моментов от времени;

Полученные в результате расчета внутренние силовые факторы могут служить исходными данными при последующем прочностном анализе элементов механизма в модуле **APM Structure3D**.

В **APM Dynamics** предусмотрена возможность импорта и экспорта «проволочной» модели механизма посредством формата AutoCAD (*.dxf)

Требования к аппаратному и программному обеспечению

Система **APM Dynamics** предназначена 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 пользователя

Введение (настоящий раздел) содержит краткое описание системы **APM Dynamics**, приводятся требования к аппаратному и программному обеспечению.

Глава 1. Элементы интерфейса APM Dynamics описывает элементы пользовательского интерфейса **APM Dynamics** – меню, компоненты редактора, панели инструментов.

Глава 2. Справочник команд APM Dynamics включает подробное описание всех команд, пиктографических меню и диалоговых окон системы.

Глава 3. Как работать с системой APM Dynamics содержит полное руководство по выполнению кинематического и динамического расчета механизма. Рассматривается порядок подготовки конструкции к расчету, установка датчиков и мониторов для вывода информации с датчиков; выполнение расчета и просмотр результатов.

Глава 4. Редактор сечений описывает создание пользовательских сечений в специализированном редакторе сечений. В главе также приводится методика работы с базами данных сечений.

Глава 1. Элементы интерфейса APM Dynamics

Общие сведения

Система *APM Dynamics* предназначена для работы под управлением операционной системы *MS Windows* всех модификаций. Интерфейс пользователя *APM Dynamics* прост и понятен. В этой главе описаны основные элементы пользовательского интерфейса программы. Общий вид системы *APM Dynamics* представлен на рис. 1.1.

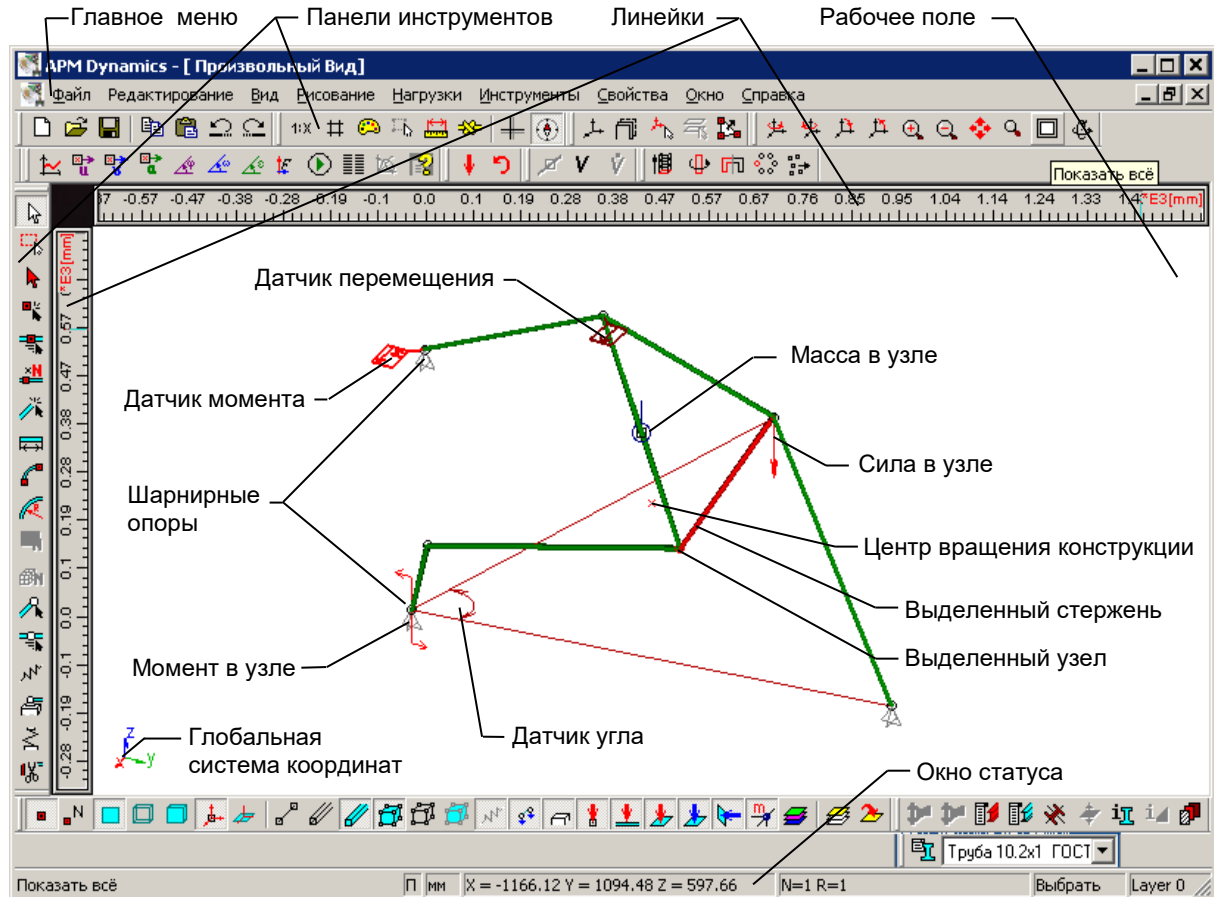


Рис. 1.1 Общий вид APM Dynamics.

APM Dynamics включает в себя специализированный графический редактор, предназначенный для задания конструкции стержневых механизмов произвольной геометрии.

Основное назначение редактора:

- создание связанной стержневой модели механизма;
- задание стержням сечений и материалов;
- размещение опор и шарниров;
- задание внешних силовых факторов, действующих на механизм в виде сосредоточенных сил и моментов;
- установка датчиков кинематических и динамических параметров механизма;
- создание мониторов для отображения информации с датчиков;

Редактор *APM Dynamics* во многом является аналогом редактора конструкций *APM Structure3D*.

Компоненты редактора механизмов

Основными компонентами редактора *APM Dynamics* являются главное меню, панели инструментов, окно статуса и рабочее поле (окно редактирования). Включение/выключение основных компонентов редактора осуществляется с помощью соответствующих команд выпадающего меню **Вид**. Выключение панелей приводит к увеличению размеров рабочего поля.

Главное меню

Главное меню (рис. 1.2) расположено в верхней части окна и содержит команды системы APM Dynamics. Описание команд главного меню и диалоговых окон приведено в главе 2.



Рис. 1.2 Структура главного меню системы APM Dynamics.

Панели инструментов

Панели инструментов содержит кнопки ускоренного вызова часто используемых команд редактора. Для вызова нужной команды щелкните левой кнопкой мыши по соответствующей пиктографической кнопке. Описание команд главного меню и соответствующих кнопок панелей инструментов представлены в справочнике команд (Глава 2).

Окно статуса

Окно статуса (рис. 1.3) отображает справочную информацию, название активной команды и может быть использовано для контроля текущих значений параметров в процессе рисования механизма. Набор отображаемых параметров зависит от того, какая команда активна. Так, например, для команды «Выбрать» на статусной панели показываются число выбранных узлов и стержней, для команды «Стержень по длине и углу» – длина стержня и угол отклонения от горизонтали и т.д.

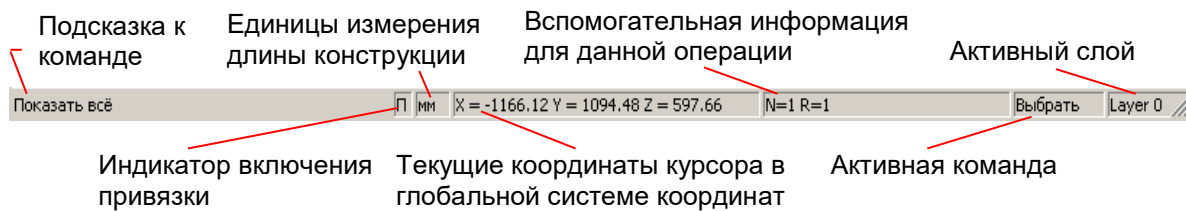


Рис. 1.3 Окно статуса APM Dynamics.

Рабочее поле

Рабочее поле является главным компонентом редактора. На нем отображается модель механизма и выполняются операции по ее формированию и изменению. Модель механизма содержит индикаторы установленных датчиков.

Линейки

Редактор включает в себя две линейки – вертикальную и горизонтальную. На линейках показаны шкалы, которые зависят от текущего масштаба модели и от размеров фрагмента механизма в рабочем поле.

Использование мыши

Если на мыши есть ролик для прокрутки, его можно использовать для изменения масштаба вида. При прокрутке вверх изображение будет увеличиваться, вниз – уменьшаться.

Удерживая нажатой среднюю кнопку мыши (ролик) можно перемещать модель относительно видового окна.

Действие при нажатии правой кнопки мыши зависит от того, какая команда активна. Для большинства команд нажатие правой кнопки мыши отменяет последнее действие операции, для команд **Рисование | Узел | По координатам**, **Рисование | Окружность** и других вызывает диалоговое окно ввода параметров операции с клавиатуры.

Глава 2. Справочник команд APM Dynamics

Структура меню *APM Dynamics* во многом схожа с меню редактора конструкций *APM Structure3D*. Это позволяет использовать единые подходы для построения и стержневой конструкции и механизма. Отличительной особенностью является наличие в *APM Dynamics* дополнительных панелей инструментов: «Датчики и мониторы» и «Dynamics дополнительно», которые непосредственно включают команды для выполнения кинематического и динамического анализа механизма.

Далее приводится описание команд главного меню системы *APM Dynamics* в соответствии со структурой (рис. 1.2), а также дополнительных команд панелей инструментов.

Меню Файл

Команды этого меню позволяют создавать новую конструкцию (механизм) или сечение, работать с файлами и печатью.

Новый | Конструкция (Ctrl+N)

Создание нового документа конструкции (механизма).

Новый | Сечение

Создание нового документа сечения в редакторе сечений *APM Graph*. Порядок работы с редактором сечений подробно изложен в главе 4.

Открыть... (Ctrl+O)

Открытие ранее сохраненного файла *APM Dynamics* (*.dyn), конструкции *APM Structure3D* (*.frm) или сечения (*.wcr). После вызова команды на экране появляется стандартное диалоговое окно (рис. 2.1).

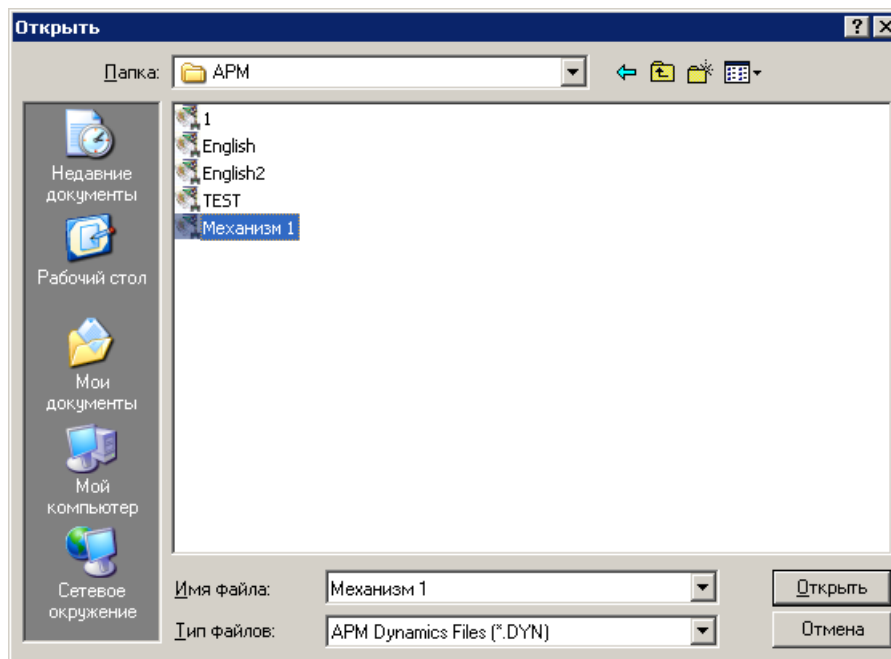


Рис. 2.1 Окно Открыть файл.

Закреть

Закрытие активного документа. Если в документ были внесены какие-либо изменения, то система предложит Вам сохранить изменения (рис. 2.2).

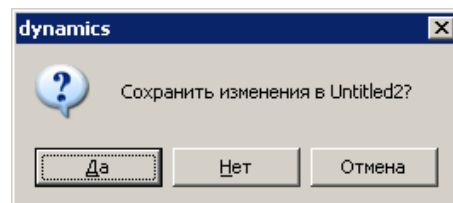


Рис. 2.2 Окно предупреждения.

Сохранить (Ctrl+S)

Сохранение активного документа в файл. Если до этого документ не сохранялся, то на экране появляется стандартное диалоговое окно (рис. 2.3). Кроме этого Вы можете сохранить документ без результатов, что уменьшит размер файла.

Сохранить как...

Сохранение активного документа в файл, обязательно запрашивая Вас имя файла. Данной командой удобно пользоваться при проведении серии расчетов одного механизма. Команда схожа с командой Сохранить.

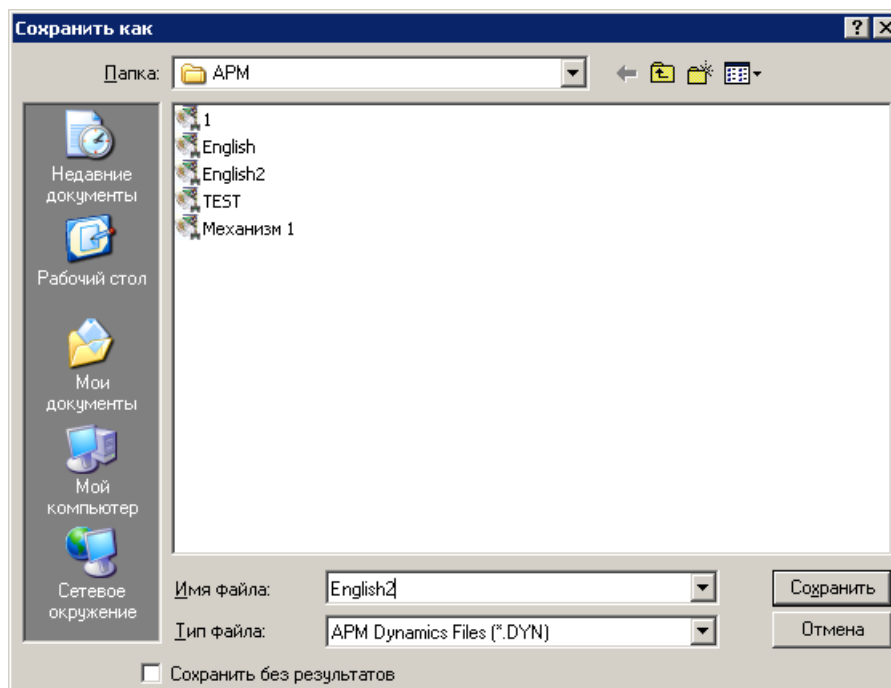


Рис. 2.3 Окно Сохранить как...

Импорт...

Импорт механизма из файла формата DXF (*.dxf), или данных из файла конечно-элементного разбиения *APM Studio* (*.sfm) в активный документ. Для правильной работы с dxf-файлами, необходимо чтобы все объекты были разбиты на составляющие (для системы *AutoCAD* - команда EXPLODE). При импорте объекты dxf-файла LINE и POLYLINE преобразуются в стержневые элементы.

Экспорт...

Экспорт модели механизма в файл формата DXF (*.dxf). При экспорте модели механизма в формат DXF стержни преобразуются в объекты LINE.

Последний Файл

Открытие последнего сохраненного файла механизма или сечения. Имя команды соответствует имени файла. Меню может содержать имена четырех последних файлов.

Выход (Alt+F4)

Закрытие файла текущей конструкции (механизма) или сечения и завершение работы с системой.

Меню Редактирование

Команды этого раздела меню позволяют выделять объекты, инвертировать выделение, редактировать объекты и отменить или повторить одну из последних команд.

Выбрать элемент

Команда переводит редактор в режим выбора элементов – стержней или узлов. Для выбора элемента щелкните левой кнопкой мыши вблизи нужного элемента. Выбранный элемент изображается красным цветом. Если, выбрав один элемент, вы выбираете следующий, то

предыдущий элемент перестает быть выбранным. Вы можете выбрать несколько элементов одновременно, если, выбирая, будете удерживать кнопку SHIFT. Для того чтобы отменить выбор элемента, необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши.



Выбрать группу элементов

Команда переводит редактор в режим выбора группы элементов. Для выделения группы необходимо нарисовать в любом из видов вспомогательный прямоугольник. Первое нажатие кнопки мыши задает первый угол прямоугольника, второе противоположный. Правый щелчок мыши отменяет команду.

Рисование вспомогательного прямоугольника слева направо позволяет выделить все элементы, полностью попавшие в прямоугольную рамку. Рисование прямоугольника справа налево позволяет выделить все элементы, которые пересекла прямоугольная рамка.

Инвертировать выделение

Инвертирование выделенных элементов механизма.



Редактировать элемент (команда панели инструментов Нарисовать)

Команда переводит редактор в режим редактирования элементов. Данный режим позволяет Вам двигать выбранные элементы, для этого, нажав левую кнопку мыши, тащите выбранные элементы по экрану. Отпустив кнопку, вы зафиксируете новое положение выбранных элементов в пространстве.

Используйте режим привязки для присоединения выбранных элементов к какому-то конкретному узлу. Для использования режима привязки Вам необходимо взяться за тот узел, который вы хотите присоединить и тащить выбранные элементы по экрану так, чтобы этот узел попал в *зону чувствительности* того узла, к которому Вы хотите присоединить элементы. В результате выбранные элементы сдвинутся и связываемые узлы соединятся. При этом автоматически соединяются все совпадающие в результате этой операции узлы.

Следует помнить, что в случае, если какие-либо узлы в видовой плоскости совпадают, то выбирается тот узел, который лежит ближе к видовой плоскости. Для того чтобы выбрать конкретный узел, необходимо передвинуть видовую плоскость так, чтобы этот элемент находился к ней ближе всех остальных или же использовать плоскость, где проекции узлов не совпадают.

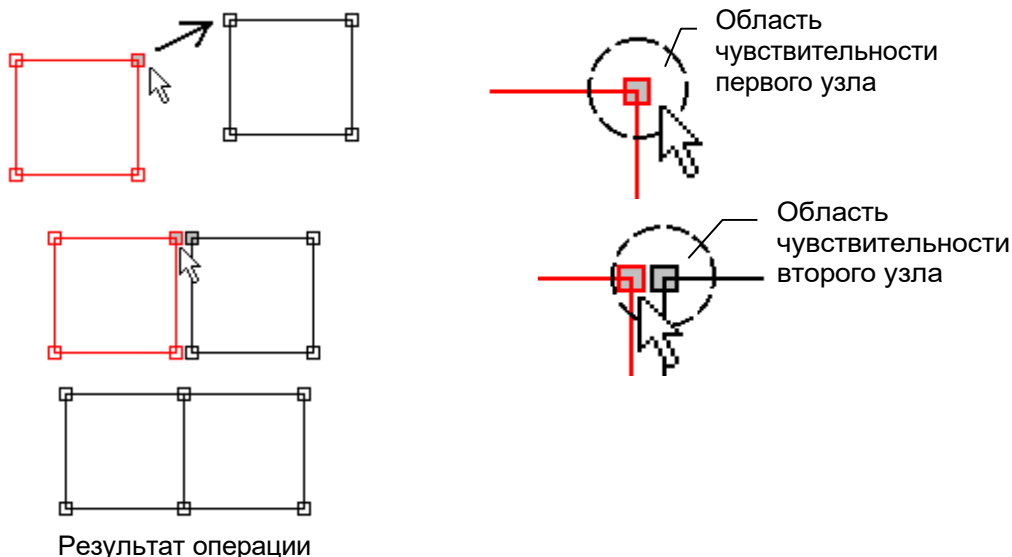


Рис. 2.4 Пример операции редактирования.

Меню Вид

Команды этого раздела меню позволяют изменять установки видовой плоскости. ПЕРЕД ВЫЗОВОМ БОЛЬШИНСТВА КОМАНД ЭТОГО РАЗДЕЛА СЛЕДУЕТ ВЫБРАТЬ ТОТ ВИД, ЧЬИ УСТАНОВКИ ВЫ ХОТИТЕ ИЗМЕНИТЬ.



Окно Статуса

команда включает/выключает отображение окна статуса.

Панель Инструментов...

команда вызывает диалоговое окно (рис. 2.5), в котором вы можете включать / выключать отображение панелей инструментов. Установите флажок у панели, чтобы включить ее показ и уберите флажок, чтобы отключить. На рисунке 2.6 представлены панели инструментов в такой же последовательности как и в диалоговом окне *Панели инструментов* (рис. 2.5).

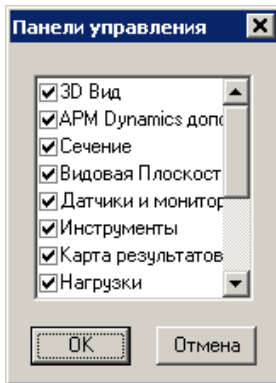


Рис. 2.5 Диалоговое окно Панели Инструментов.

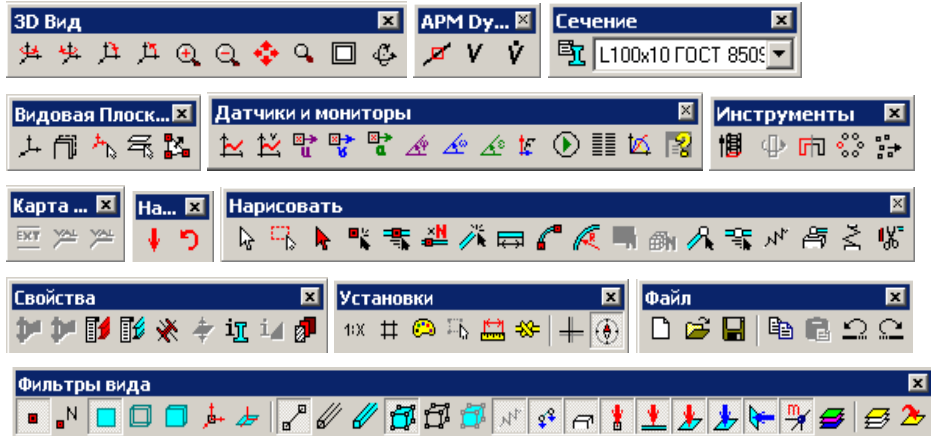


Рис. 2.6 Панели инструментов APM Dynamics.

Поворот

команда вызывает диалоговое окно (рис. 2.7), которое позволяет изменить поворот видовой плоскости. Команда вызывает диалоговое окно *Поворот Вида*. Поля ввода Phi и Theta позволяют точно задать углы φ и θ соответственно.

Кнопки панели инструментов *3D Вид* позволяют увеличить/уменьшить углы φ и θ :



Кнопки группы *Установить Вид...* позволяют установить один из шести главных видов. В левой части окна *Просмотр* показана проекция глобальной системы координат на видовую плоскость.

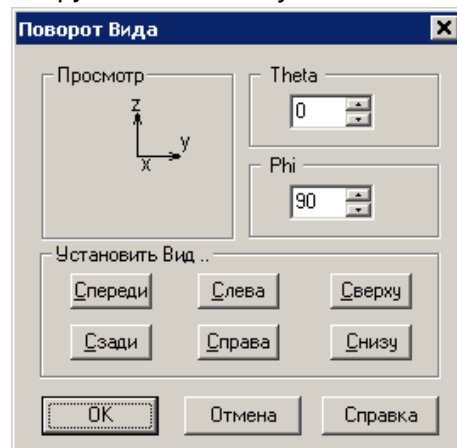


Рис. 2.7 Диалоговое окно Поворот Вида.

Положение

команда вызывает диалоговое окно (рис. 2.8), которое позволяет изменить положение видовой плоскости в пространстве. Это можно сделать двумя способами: изменив *глубину* или изменив вектор положения вида. Радиокнопки группы *Способ* позволяют Вам выбрать любой способ. Поле ввода *Глубина* служит для ввода значения глубины, поля *Положение* для ввода вектора положения.

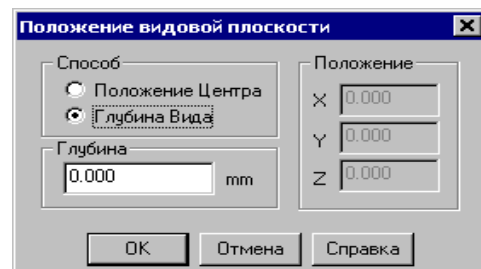


Рис. 2.8 Диалоговое окно Положение видовой плоскости.

Установить Центр

команда включает режим установки центра видовой плоскости. Щелкните мышкой в виде, чтобы передвинуть проекцию центра в новую точку. Режим позволяет использовать привязку к узлу.

Установить Глубину

команда включает режим, который позволяет двигать видовую плоскость в направлении, перпендикулярном самой плоскости. Эта операция удобна, когда вы хотите работать с разными параллельными плоскостями. Режим позволяет Вам задавать глубину плоскости ТОЛЬКО в *главных* видах, двигая след видовой плоскости по экрану. Например, вы можете задать глубину вида сверху в виде спереди или в виде слева. После вызова команды в главных видах показывается след выбранной Вами плоскости (рис. 2.9). Глубина задается нажатием левой кнопки мыши в виде. В этом режиме Вы можете использовать привязку к узлу.

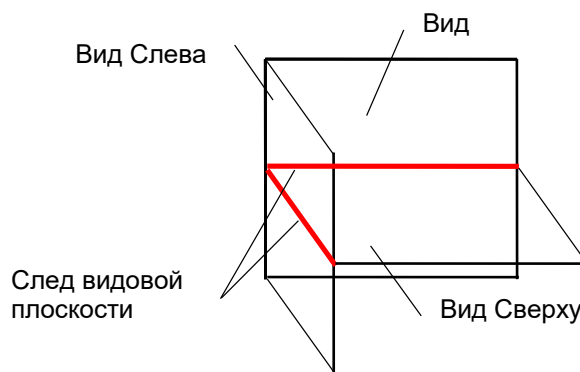


Рис. 2.9 Пояснение к команде Установить Глубину.

Задать Вид 3 Узлами

команда включает режим, который позволяет задать видовую плоскость так, чтобы она проходила через 3 выбранных узла (рис. 2.10). После вызова команды выберите последовательно 3 узла в любом виде. В результате видовая плоскость передвинется и повернется так, что центр системы координат будет находиться в первом выбранном узле, а оси будут иметь расположение, показанное на рисунке.

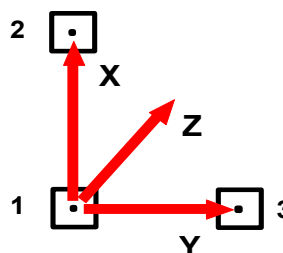


Рис. 2.10 Система координат вида, проходящего через 3 узла.

Центр Поворота | Установить

команда включает режим перестановки центра поворота, который един для всех видов. Щелкните мышкой в виде, для того чтобы передвинуть центр в новую точку. Точка - центр поворота используется при повороте видовой плоскости и при повороте выделенных элементов.

Центр Поворота | Авто

команда включает/выключает режим автоматической установки центра вращения. Если этот режим выбран, то центр вращения переносится автоматически в геометрический центр конструкции каждый раз, когда меняется ее геометрия.

Использовать Локальные Координаты

команда включает/выключает использование локальных координат в виде. Локальные координаты - двумерные координаты, связанные с плоскостью вида.

Сетка...

команда позволяет изменять установки вспомогательной сетки. В появившемся диалоговом окне (рис. 2.11) пользователь может изменить шаг сетки и выбрать тип сетки.

Шаг Курсора...

команда позволяет в диалоговом окне (рис. 2.12) задавать шаг курсора по длине и углу, а также задавать область чувствительности узла (пиксель) и чувствительность компаса (градус).

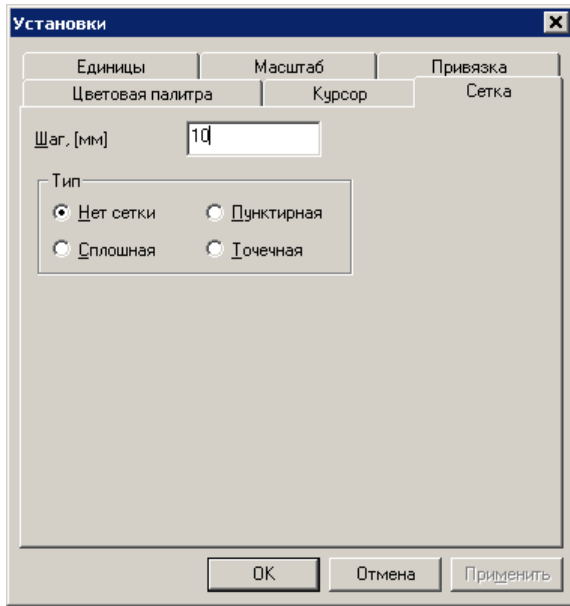


Рис. 2.11 Вкладка Сетка.

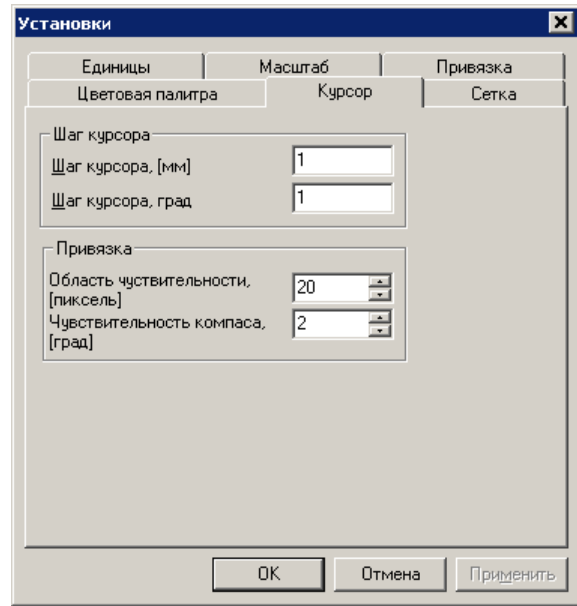


Рис. 2.12 Вкладка Курсор.

Палитра...

команда позволяет изменить цвета всех элементов редактора *APM Dynamics*. В диалоговом окне настройки палитры (рис. 2.13) выбор элемента интерфейса для настройки осуществляется из списка «Запись». 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».

Единицы Измерения...

команда позволяет в диалоговом окне (рис. 2.14) выбрать единицы измерения.

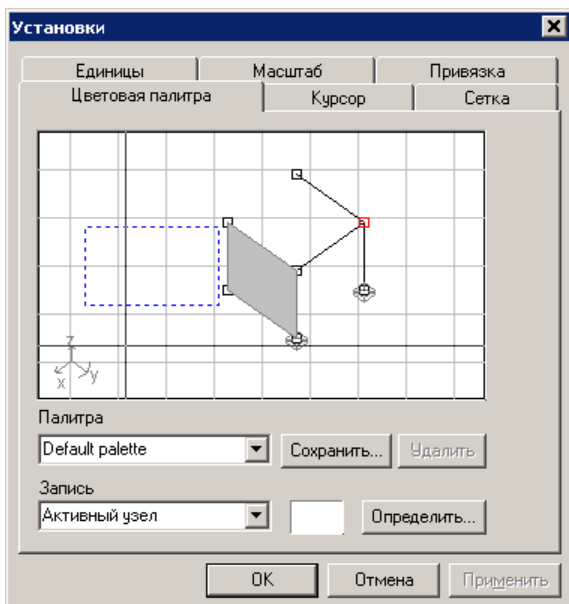


Рис. 2.13 Вкладка Цветовая Палитра.

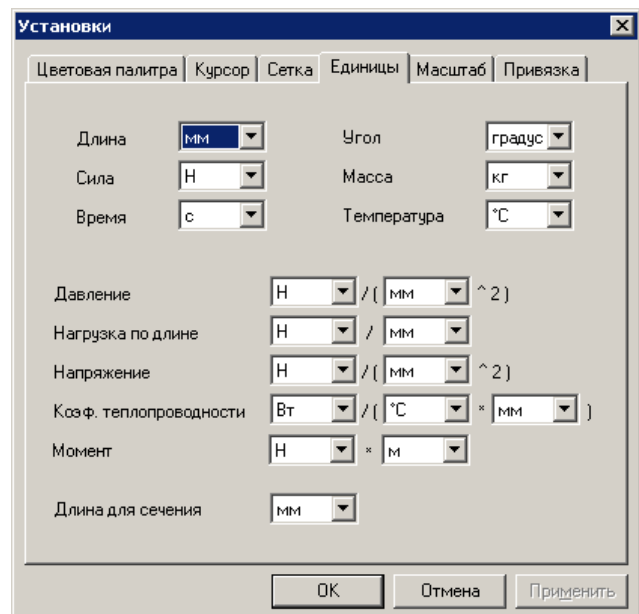


Рис. 2.14 Вкладка Единицы.

Масштаб...

команда позволяет в диалоговом окне (рис. 2.15) изменить масштаб изображения активного вида. Кнопки группы *Уменьшить* позволяют уменьшать масштаб, кнопки группы *Увели-*

чить - соответственно увеличивать масштаб. Поле ввода позволяет ввести значение масштаба или, нажав на одну из кнопок, выбрать один из стандартных.

 **Привязка...**

команда позволяет в диалоговом окне (рис. 2.16) выбирать один из двух режимов привязки.

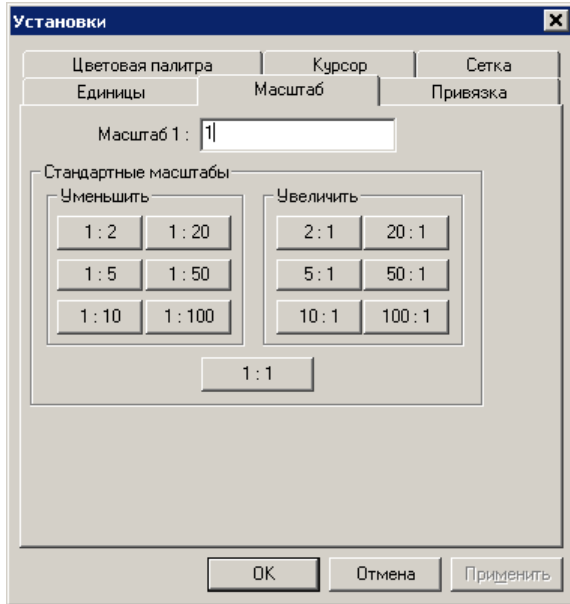


Рис. 2.15 Вкладка Масштаб.

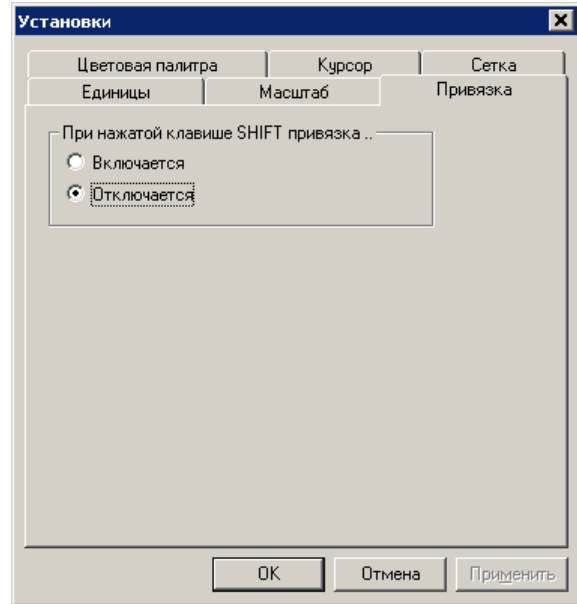


Рис. 2.16 Вкладка Привязка.

 **Прокрутить Вид**

команда включает режим прокрутки. После активации команды перейдите к нужному виду и укажите начальную и конечную точку вектора перемещения модели относительно видового окна.

Перемещать модели относительно видового окна можно также удерживая нажатой среднюю кнопку мыши (ролик). Для прекращения перемещения отпустите среднюю кнопку.

 **Увеличить Область**

команда включает режим позволяющий выделить прямоугольником фрагмент модели и увеличить прямоугольную область вида во все окно.

Установки для всех видов

включает/выключает применение установок для всех видов редактора одновременно. При выключенной настройке установки действуют только для активного вида.

Произвольный вид

включает/выключает окно произвольного вида.

Вид слева

включает/выключает окно вида слева.


Вид сверху

включает/выключает окно вида сверху.

Вид спереди

включает/выключает окно вида спереди.

Таблица 2.1 – Дополнительные команды панели инструментов Установки

Название команды	Описание команды
 Рейшина Показать/Убрать	включает/отключает отображение курсора как рейшины.










 Компас Показать/Убрать	включает/отключает режим ортогонального рисования.
---	--

Таблица 2.2 – Дополнительные команды панели инструментов 3D вид


Название команды	Описание команды
 +Phi	Увеличение угла ϕ видовой плоскости
 -Phi	Уменьшение угла ϕ видовой плоскости
 +Theta	Увеличение угла θ видовой плоскости
 -Theta	Уменьшение угла θ видовой плоскости
 Увеличить Масштаб	Увеличение масштаба изображения
 Уменьшить Масштаб	Уменьшение масштаба изображения
 Увеличить в Окно	Изменение масштаба вида так, чтобы вся конструкция помещалась в область окна.
 Динамическое вращение	Включение режима динамического вращения видом. Первое нажатие левой клавиши мыши включает вращение, движение мыши по вертикали и горизонтали вращают вид на углы θ и ϕ соответственно. Второе нажатие левой клавиши мыши завершает поворот. Нажатие правой клавишей мыши отменяет поворот и возвращает вид в начальное состояние.


Меню Рисование

Команды этого раздела позволяют создавать и модифицировать механизм.

Узел | по координатам

команда устанавливает режим простановки узлов. Щелкните мышкой в нужном месте в любом из видов для простановки узла. Для редактирования координат проставленного узла нажатие правой кнопки мыши вызывает диалоговое окно (рис. 2.17).

Команда  **Узлы** панели инструментов **Фильтры вида** включает / выключает показ узлов и, соответственно, нагрузок в узлах.

Команда  **Номера узлов** панели инструментов **Фильтры вида** включает / выключает показ номеров узлов.

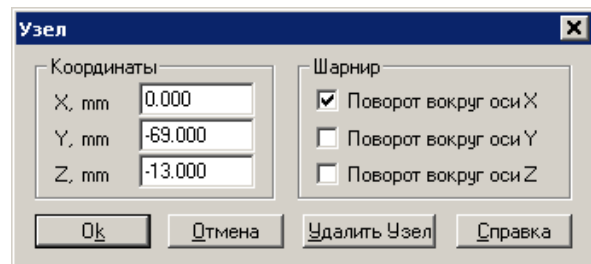


Рис. 2.17 Диалоговое окно Узел.

Узел | на Стержне

команда устанавливает режим простановки узлов на стержне или на линии продолжения стержня. Первым щелчком мыши выберите нужный стержень, затем перемещайте мышью появившийся узел, вторым щелчком мыши зафиксируйте положение узла в пространстве. При этом появляется диалоговое окно (рис. 2.18), в котором можно подкорректировать положение узла на стержне.

Положение узла задается двумя способами: координатой относительного одного из концов стержня или отношением полной длины стержня к длине части стержня. Переключатели группы **Координата Узла** позволяют выбирать один из этих способов. Переключатели группы **Отсчет координаты от** позволяют выбирать один из двух узлов стержня в качестве системы отсчета. При способе задания положения узла абсолютной координатой, эта координата будет отсчитываться от выбранного узла, при использовании относительной координаты в качестве части стержня используется та часть, которой принадлежит выделенный узел. При этом выделенный узел выделяется во всех видах.

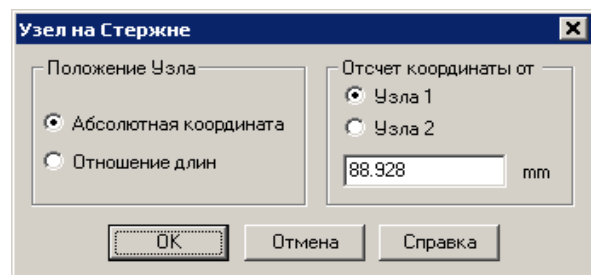


Рис. 2.18 Диалоговое окно Узел на Стержне.

Узел | Локальная система координат

команда переводит редактор в режим задания локальной системы координат для выделенных узлов. В системе координат узла задаются закрепления, упругие опоры (перемещения в направлении фиксированных степеней свободы). Чтобы задать систему координат в одном или нескольких узлах, Вам необходимо в этом режиме выбрать требуемый узел или один из выделенных, нажав на нем мышкой, после чего появляется окно диалога задания ориентации системы координат. Локальная система координат узла задается тремя последовательными поворотами исходной системы координат, совпадающей с глобальной, вокруг осей Z, Y', X''. Обозначения Y' и X'' используются вместо Y и X, чтобы показать, что после поворота оси Z оси Y и X изменяют своё положение.

Кнопка **Указать** позволяет задать углы выбором точек, через которые будут проходить оси системы координат. Начало системы координат расположено в выбранном узле, первым щелчком мыши выбирается узел или точка в трёхмерном пространстве, через которую будет проходить ось X. Вторым щелчком мыши выбирается точка лежащая в плоскости XY, а также направление оси Y. Направление оси Z выбирается для формирования правой тройки векторов.

Кнопка **Привязать к стержню** позволяет привязать локальную систему координат узла к локальной системе координат стержня.

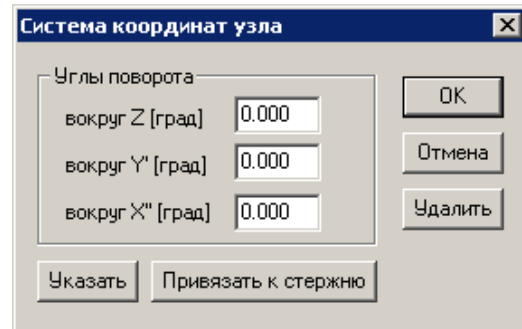


Рис. 2.19 Диалоговое окно Система координат узла.

Узел | Масса

команда переводит редактор в режим задания сосредоточенной массы и момента инерции в узлах механизма. Чтобы задать массу в одном узле или нескольких узлах, Вам необходимо в этом режиме выбрать требуемый узел или один из выделенных. В появившемся диалоговом окне (рис. 2.20) задаются значения масс и моментов инерции в соответствующих направлениях в локальной системе координат узла.

Если включен флаг **Добавить к существующим**, то вводимые массы будут добавлены к уже существующим в узле. Если включен флаг **Заменить существующие**, то все ранее введенные массы будут удалены.

Чтобы удалить сосредоточенные массы в выделенных узлах нажмите кнопку **Удалить**.

Команда **Массы в узлах** панели инструментов **Фильтры вида** включает / выключает отображение масс и моментов инерции в узлах.

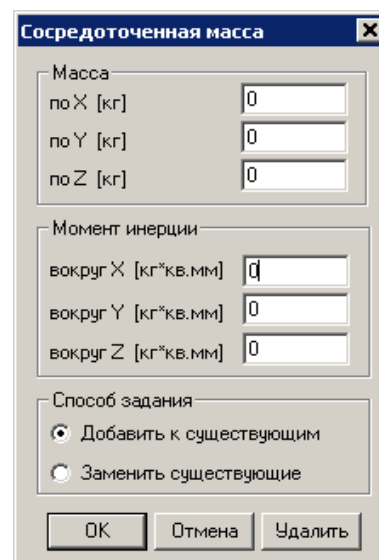


Рис. 2.20 Диалоговое окно Сосредоточенная масса.

Стержень | По Координатам

команда устанавливает режим простановки стержней. В этом режиме могут соединяться уже существующие узлы или создаваться новые. Первым щелчком задается первый узел, вторым второй.

Если Вы уже выбрали или создали первый узел, нажатием правой кнопки мыши Вы можете отменить команду. Иначе при нажатии правой клавиши мыши система выделит последний нарисованный стержень и выдаст уведомление об удалении (рис. 2.21). Команда использует режим привязки, когда соединяет уже созданные узлы. Если вы хотите создать новый узел, а не использовать уже существующий, например, когда узлы лежат в разных плоскостях, но совпадают в виде, вам следует отключать режим привязки.

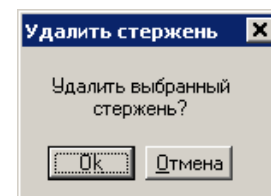


Рис. 2.21 Диалоговое окно Удалить стержень.

Стержень | по Углу и Длине

команда переводит редактор в режим построения стержней в плоскости вида, задавая направление и длину. Стержень может быть построен только из уже существующего узла.

Направление стержня может отсчитываться от горизонтали или от другого стержня. Если первым щелчком мыши выбирается узел, то отсчет угла ведется от горизонтали, если выбирается стержень, то отсчет угла ведется от этого стержня, в таком случае следующим щелчком необходимо выбрать узел. Следующий щелчок мыши фиксирует направление стержня, после чего можно изменять только длину стержня. Последний щелчок создает стержень. Правый щелчок мыши вызывает диалоговое окно (рис. 2.22), которое позволяет уточнить угол и длину стержня или отменить команду.

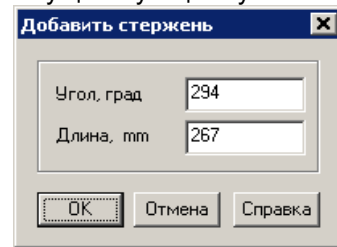




Рис. 2.22 Диалоговое окно *Добавить Стержень*.

Команда  **Стержни** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает показ стержней как проволочных моделей.

Команда  **Проволочные сечения** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает показ стержней как проволочных моделей с учетом заданного сечения.

Команда  **Объемные сечения** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает показ стержней как объемных моделей с учетом заданного сечения.

Стержень | *Разбить Стержень*

команда включает режим разбивки стержня на равные по длине элементы. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно (рис. 2.23), которое позволяет задать число стержней. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно.

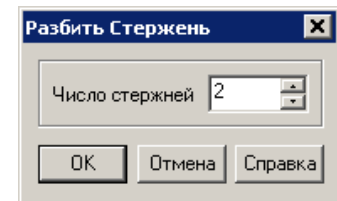


Рис. 2.23 Диалоговое окно *Разбить Стержень*.

Дуга

команда включает режим создания дуговых участков конструкции.

Дуговой участок создается в плоскости вида и аппроксимируется прямолинейными стержнями с устанавливаемой пользователем точностью разбиения. Первый щелчок мыши задает центр дуги. Второй щелчок фиксирует начальный угол дуги. Третий щелчок фиксирует радиус дуги, четвертый щелчок фиксирует конечный угол дуги и вызывает диалоговое окно (рис. 2.24), в котором нужно задать число прямолинейных стержней создающих дугу. Вы можете использовать привязку к узлу во время любой стадии этой операции. Правая кнопка мыши отменяет операцию.

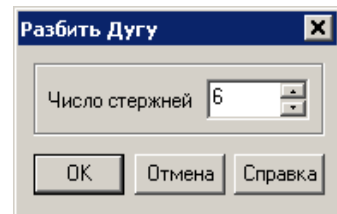


Рис. 2.24 Диалоговое окно *Разбить Дугу*.

Окружность

команда включает режим создания окружностей. Также как и дуга, окружность создается в плоскости вида, и аппроксимируется прямолинейными стержнями.

Первый щелчок мыши определяет центр окружности. Второй щелчок фиксирует радиус и вызывает диалоговое окно (рис. 2.24), в котором нужно задать число прямолинейных стержней создающих окружность. Разбиение ведется от нуля градусов по горизонтали. Если при втором щелчке использовать привязку к узлу, то разбиение ведется от луча образуемого узлом и центром окружности. Если на любом из этапов нажать правую клавишу мыши, то появится диалоговое окно (рис. 2.25), в котором можно ввести координаты центра окружности, радиус и число стержней.

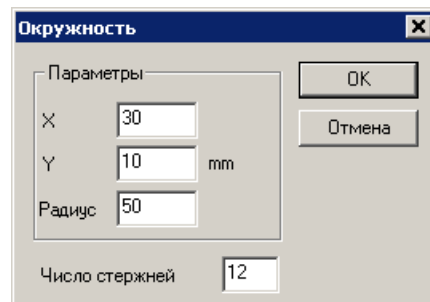



Рис. 2.25 Диалоговое окно *Окружность*.

Упругая связь

(команда панели инструментов *Нарисовать*)

команда устанавливает режим простановки упругих связей. В этом режиме могут соединяться уже существующие узлы или создаваться новые. Первым щелчком задается первый узел, вторым второй. В появившемся диалоговом окне (рис. 2.26) введите параметры жесткости по каждой из степеней свободы.

Команда  **Упругие связи** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает показ упругих связей.

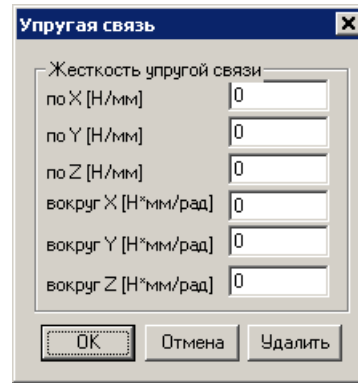


Рис. 2.26 Диалоговое окно Упругая связь.

Опора

команда устанавливает режим простановки опор на существующие узлы. Опоры задаются в локальной системе координат узла.

После выбора узла появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 2.27). Кнопки группы *Тип Опоры* позволяют установить такие типы опор как заделка, шарнир или свободный узел одним нажатием кнопки мыши. Флажки *Перемещения* запрещают перемещение вдоль осей X, Y, Z. Флажки *Поворот* запрещают поворот вокруг осей X, Y, Z.

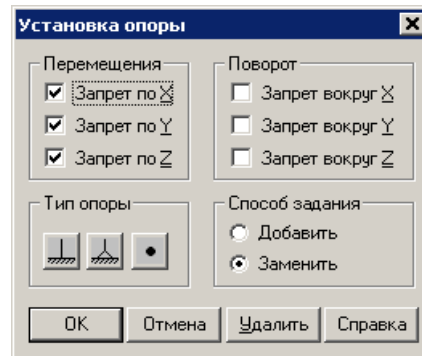



Рис. 2.27 Диалоговое окно Установка опоры.

Упругая опора

(команда панели инструментов *Нарисовать*)

команда устанавливает режим простановки упругих опор на существующие узлы. Опоры задаются в локальной системе координат узла.

После выбора узла появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 2.28).

Команда  **Опоры** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает отображение опор.

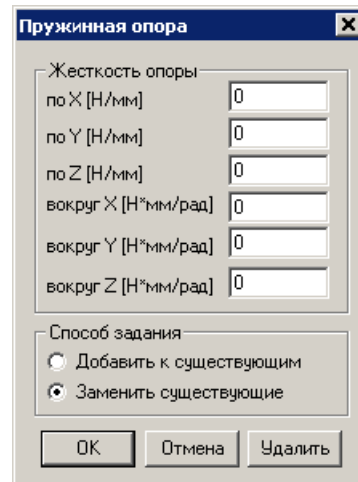


Рис. 2.28 Диалоговое окно Пружинная опора.

Шарнир | В Узле | Создать Всем

команда создает шарнир во всех узлах конструкции, превращая таким образом всю конструкцию в ферму. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно (рис. 2.29), показанное ниже. Для разрешения поворота шарнира относительно какой-нибудь оси локальной системы координат узла необходимо поставить галочку в соответствующем поле.

Шарнир | В Узле | Создать Выделенным...

команда создает шарнир в локальной системе координат во всех выделенных узлах. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно, показанное выше (рис. 2.29).

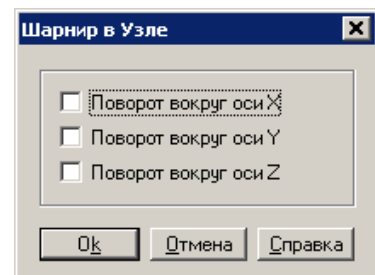


Рис. 2.29 Диалоговое окно Шарнир в узле.

Шарнир | На Конце Стержня

команда создает шарнир на конце стержня. Команда переводит редактор в соответствующий режим. Для простановки шарнира необходимо щелкнуть мышкой возле нужного стержня и узла. После этого появится диалоговое окно описанное выше (рис. 2.27).



Удалить выбранное

команда удаляет все выбранные элементы конструкции.

Удалить Все

команда удаляет всю конструкцию.

Меню Нагрузки

Команды этого раздела позволяют прикладывать нагрузки к узлам.



Сила к Узлу

команда устанавливает режим простановки сил на существующие узлы. После выбора узла появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 2.30). Сила может быть задана в декартовой или сферической системе координат в виде соответствующих проекций в системе координат узла.




Момент к Узлу

команда устанавливает режим простановки моментов на существующие узлы. После выбора узла появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 2.31). Момент может быть задан в декартовой или сферической системе координат в виде соответствующих проекций в системе координат узла.

Рис. 2.30 Диалоговое окно Сила.

Рис. 2.31 Диалоговое окно Момент.

Команда  **Нагрузки на Узлы** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает показ нагрузок на узлы.

Загрузки...

Загрузка может включать в себя комбинацию нагрузок любого вида и характеризуется именем и двумя состояниями: включен/выключен и активный/неактивный. Далее поведение конструкции можно рассчитать от любого загрузения и от комбинации загрузений. Работа с загрузениями аналогична работе со слоями. Если загрузка выключена, то нагрузки из него не будут отображаться на экране. Если загрузка активно, то при задании новой нагрузки по умолчанию будет предлагаться поместить ее в активное загрузение.

Команда вызывает диалог *Загрузки*, показанный ниже.

Чтобы создать новое загрузе-ние нажмите кнопку **Доба-вить**....

Чтобы изменить старое за-гружение щелкните на нем в спис-ке и нажмите кнопку **Изменить**....

Чтобы удалить загрузе-ние выделите его в списке и нажмите кнопку **Удалить**.

Нажмите кнопку **Активный** чтобы сделать активным выбран-ное в списке загрузе-ние.

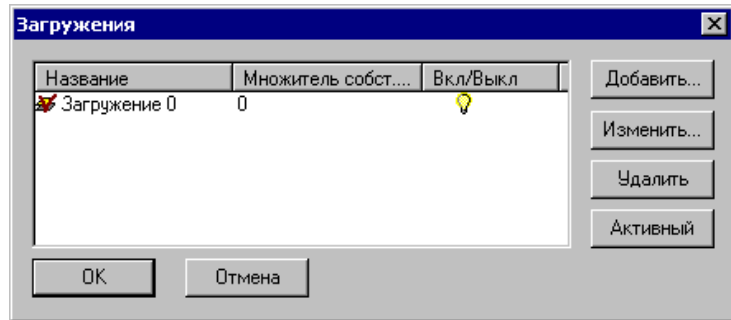


Рис. 2.32 Диалоговое окно Загрузки.

Комбинация загрузений...

Комбинация загрузений представляет собой линейную комбинацию одновременно дей-ствующих загрузений. Возможно создание нескольких комбинаций загрузений. Для создания комбинации загрузений используется команда **Нагрузки | Комбинация загрузений**.... Эта ко-манда вызывает диалог *Комбинация загрузений*, показанный ниже.

Для создания комбинации загрузений необходимо нажать кнопку **Новая...** и в диалого-вом окне ввести название комбинации. Чтобы добавить загрузе-ние в комбинацию выберете название необходимой комбинации в списке. Затем нужно выбрать загрузе-ние в выпадающем списке загрузений, ввести для него множитель и нажать кнопку **Добавить**. Чтобы изменить множитель загрузе-ния, выберите требуемое загрузе-ние в списке загрузений или множителей, в поле Множитель задайте новое значение и нажмите кнопку **Изменить**. Чтобы удалить загрузе-ние из комбинации загрузений, выберите требуемое загрузе-ние в списке загрузений или множителей и нажмите кнопку **Удалить**.

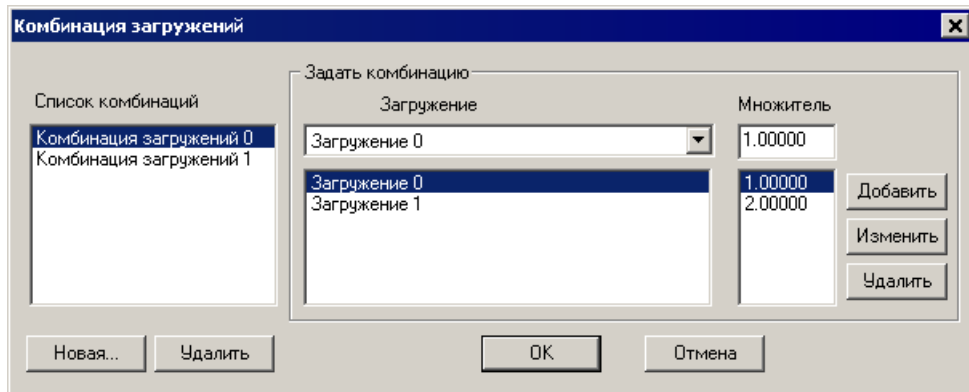


Рис. 2.33 Диалог Комбинация загрузений.

График нагрузки

Команда вызывает окно выбора загрузений для задания графиков.

Возможно задание единого графика нагрузки для всех загрузе-ний или отдельного графика для каждого загрузе-ния. Если график для загрузе-ния не задан, то счита-ется, что силовые факторы данного загрузе-ния действуют постоянно.

Кнопка «Задать график» вы-зывает окно редактора для задания графика изменения нагрузки во времени для динамического расче-та. В редакторе задается закон из-менения коэффициента пропорцио-нальности, на который умножается статическая нагрузка для получения нагрузки в конкретный момент вре-мени.

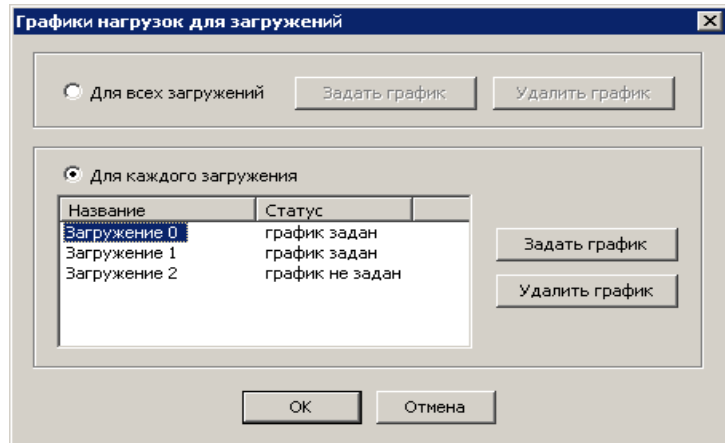


Рис. 2.34 Диалоговое окно выбора загрузений для задания графиков.

Ускоренный выбор: 

Меню Инструменты

Команды этого меню позволяют производить различные операции с конструкцией для создания более сложных геометрических моделей.

Копировать (Ctrl+Num 0)

команда создает копию выделенных элементов в памяти. Для того чтобы вставить созданную копию элементов в редактор, необходимо вызвать команду *Инструменты | Вставить*. Команда становится доступной после выделения какого-либо элемента.

Вставить (Shift+Num 0)

команда вставляет скопированные ранее элементы из памяти в редактор. Вставленная копия при этом выделяется и ее можно переместить в нужное место. После вызова команды копия остается в памяти и может быть вставлена многократно. Команда становится доступной после вызова команды *Инструменты | Копировать*.

Выталкивание

Этот инструмент позволяет Вам создавать многосекционные конструкции. Эти конструкции характеризуется направлением вектора выталкивания одной секции и числом секций (рис. 2.36). Вначале следует выбрать узел, стержень или группу произвольной комбинации этих элементов, чтобы команда стала доступной. Затем нужно задать вектор, характеризующий одну секцию и число секций. Первое нажатие мыши задает начало вектора, второе - конец вектора. После этого появляется диалоговое окно (рис. 2.35), в котором можно корректировать значение вектора и задать число секций. Используя опцию угол закручивания данная команда позволяет создавать винтовые конструкции, например пружины. Многосекционные конструкции могут быть соединены при построении стержнями при включенной опции *Создавать боковые стержни*.

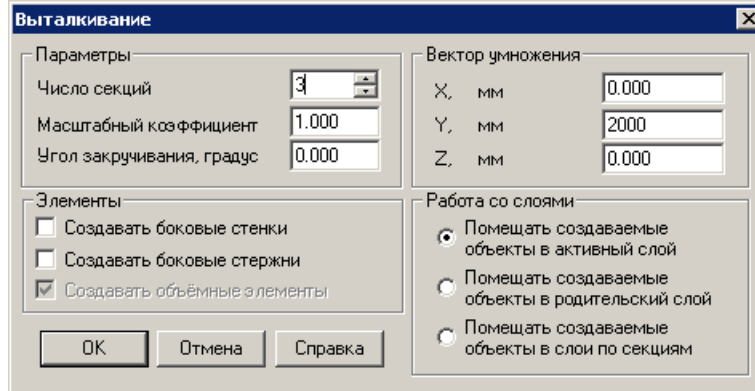


Рис. 2.35 Диалоговое окно Выталкивание.

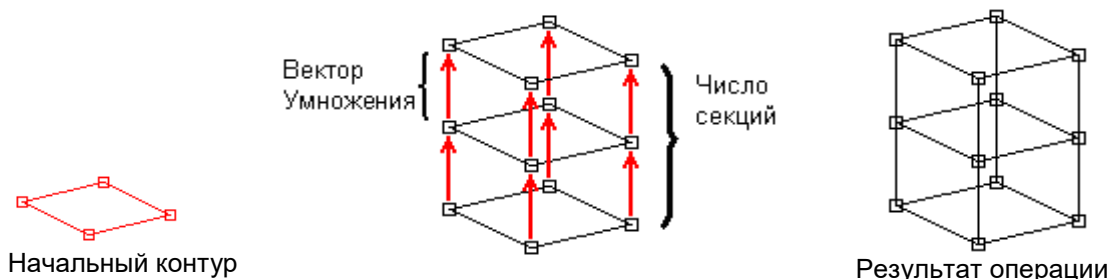


Рис. 2.36 Пояснение операции Умножить.

Полярный массив

команда включает режим создания полярного массива выделенных элементов. Массив характеризуется вектором вращения и полным углом поворота. При выполнении команды про-

исходит копирование выделенных элементов вокруг вектора вращения. Инструмент обладает возможностью не только копировать, но и соединять последовательные копии стержнями (см. команду *Вытолкнуть*).

Угол поворота задаётся для общего количества секций, т.е. при общем количестве копий N, для каждой секции угол поворота будет делиться на N. Вначале следует выбрать узел, стержень или группу произвольной комбинации этих элементов, чтобы команда стала доступной. Затем нужно задать вектор - ось вращения. Первое нажатие мыши задает начало вектора, причём в качестве начала вектора необходимо задавать существующий узел. Через этот узел будет проходить ось вращения. Второе нажатие мыши - конец вектора. После этого появляется диалоговое окно (рис. 2.37), в котором задаются остальные параметры: количество секций, угол и включается возможность соединения копий стержнями.

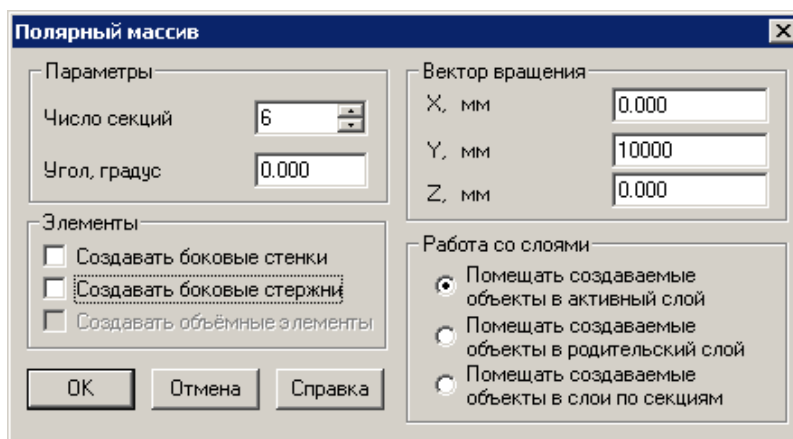


Рис. 2.37 Диалоговое окно Полярный массив.

Повернуть

команда включает режим поворота выделенных элементов. Редактор позволяет Вам поворачивать элементы в плоскости вида, то есть вокруг вектора перпендикулярного видовой плоскости, поэтому перед поворотом необходимо перейти к нужному виду. Поворот осуществляется вокруг центра вращения. После того как Вы выделили те элементы, которые Вам необходимо повернуть щелкните мышкой в виде по выделенным элементам и поворачивайте элементы мышкой. В окне статуса будет показывать Вам текущий угол поворота. Приращение угла поворота осуществляется по *угловому шагу*. Правый щелчок мыши вызывает диалоговое окно ввода угла поворота с клавиатуры.

Зеркало

команда включает режим создание зеркальной копии (симметрии) выделенных элементов. Симметрия строится относительно плоскости симметрии, перпендикулярной виду. Для задания плоскости симметрии необходимо нарисовать линию - след плоскости симметрии в видовой плоскости. Первый щелчок мыши определяет первую точку линии, второй щелчок определяет вторую точку и создает копию. В данном режиме Вы можете использовать привязку к узлам при рисовании линии. Правый щелчок мыши отменяет команду.

Выравнивание узлов

команда позволяет выравнивать выделенные узлы по координатам базового узла. С помощью этого инструмента можно «спроектировать» узлы на плоскость, проходящую через базовый узел и параллельную одной из координатных плоскостей, или на прямую, проходящую через базовый узел и параллельную одной из осей координат.

Для проектирования узлов на плоскость параллельную плоскости XY глобальной системы координат необходимо выбрать узел, лежащий в этой плоскости и отметить галочкой *Выровнять по оси Z* в окне диалога (рис. 2.38). Если отметить пункты *Выровнять по оси X* и *Выровнять по оси Y* то узлы будут спроектированы на прямую, параллельную оси Z.

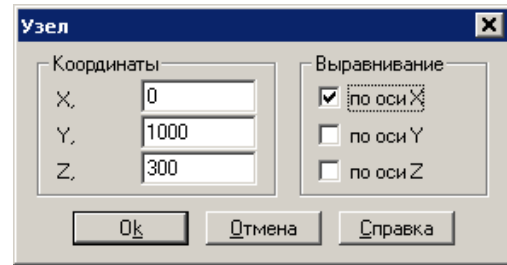


Рис. 2.38 Диалоговое окно Выравнивание узлов.

Пружина

команда создает пружину. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно (рис. 2.39), которое позволяет Вам задать основные параметры пружины: радиус, шаг, число витков, а так же число стержней на один виток пружины. Этот параметр определяет степень точности модели пружины. Пружина проходит через точку (0, 0, 0) и имеет вертикальное расположение в пространстве.

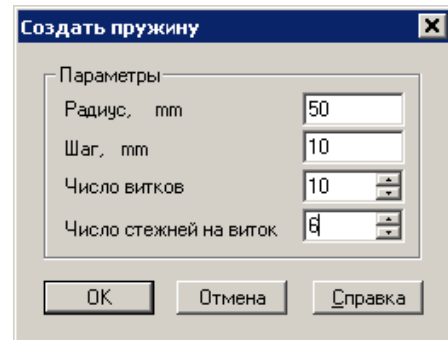


Рис. 2.39 Диалоговое окно Создать Пружину.

Шаблонная Сетка

команда включает специальный режим, позволяющий создавать стержни одним нажатием левой кнопки мыши, используя при этом шаблонную сетку (рис. 2.40), которая создается после вызова команды в активном виде. Сетка состоит из горизонтальных, вертикальных и наклонных отрезков. Шаблонная сетка задается тремя параметрами: шагом по оси X, шагом по оси Y и углом поворота всей сетки. Для создания стержня необходимо щелкнуть мышкой на нужном отрезке. При этом будет создан стержень, в точности совпадающий с этим отрезком. Для удаления созданного стержня достаточно щелкнуть на нем второй раз. Шаблонная сетка создает стержни лежащие в плоскости вида.

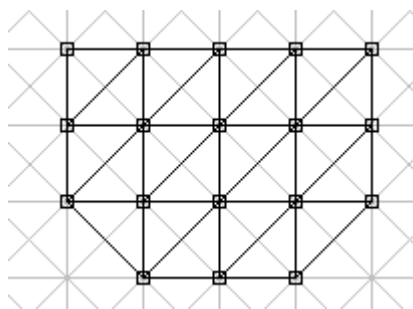


Рис. 2.40 Шаблонная Сетка.

Установка Шаблона

команда позволяет задать параметры описанной выше шаблонной сетки. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно (рис. 2.41).

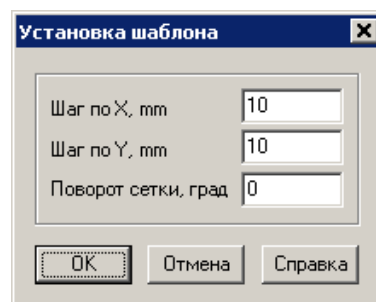




Рис. 2.41 Диалоговое окно Установка Шаблона.



Слои

команда вызывает диалоговое окно (рис. 2.42) для управления слоями.

Щелчок по названию выбранного слоя позволяет изменить имя слоя. Щелчок на значке  /  выключает или включает соответствующий слой элементов.

Кнопка *Новый* создает новый слой. Кнопка *Удалить* удаляет выбранный слой, а элементы перемещаются в активный слой. Кнопка *Активный* делает выделенный слой активным. Активный слой не может быть удален. Кнопка *Цвет* позволяет задать цвет для выбранного слоя.

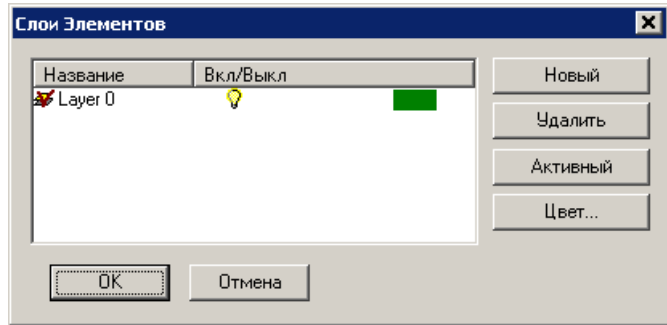



Рис. 2.42 Диалоговое окно Слои.

Команда  **Цветные слои** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает отображение слоев цветом.

Добавить в текущий слой

команда перемещает все выделенные элементы из тех слоев, где они находятся в активный слой.

Проверка на сечение

команда определяет стержни с незадаанными сечениями. Если не для всех стержней задано сечение система выводит предупреждение (рис. 2.43). При этом стержни, у которых не задано сечение, выделяются, что позволяет применить команду *Задать сечение выделенным*.

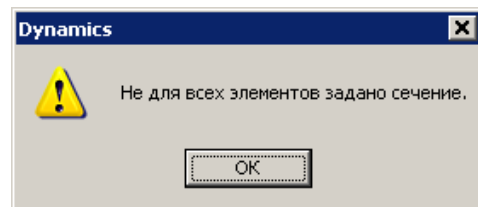


Рис. 2.43 Сообщение о проверке на сечение.

Соединить узлы...

команда позволяет соединить узлы механизма, лежащие на расстоянии не большем указываемого в диалоговом окне (рис. 2.44).

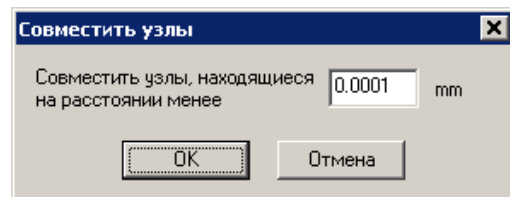


Рис. 2.44 Диалоговое окно Совместить узлы.

Таблица 2.3 – Дополнительные команды панели инструментов *Фильтры вида*

Название команды	Описание команды
 Узлы	включает / выключает показ узлов
 Номера узлов	включает / выключает показ номеров узлов
 Стержни	включает / выключает показ стержней как проволочных моделей
 Проволочные сечения	включает / выключает показ стержней как проволочных моделей с учетом заданного сечения
 Объемные сечения	включает / выключает показ стержней как объемных моделей с учетом заданного сечения
 Упругие связи	включает / выключает показ упругих связей
 Опоры	включает / выключает показ опор
 Нагрузки на Узлы	включает / выключает показ нагрузок на узлы
 Массы в узлах	включает / выключает показ масс в узлах
 Цветные слои	включает / выключает отображение слоев цветом

Другие команды панели инструментов *Фильтры вида* в APM Dynamics не используются.

Меню Свойства

Команды этого меню позволяют задавать сечения и параметры материала стержням.

Сечения...

Команда вызывает диалоговое окно работы со списком сечений и выбора текущего сечения. Всем вновь создаваемым стержням будет присвоено текущее сечение. С помощью кнопки **Цвет...** можно задать каждому сечению свой цвет, который будет использоваться для визуализации стержней. Кроме того, можно задать присвоить сечение всем или только выделенным стержням. Кнопка «Заменить сечение» позволяет в конструкции полностью заменить выбранное сечение на другое сечения.

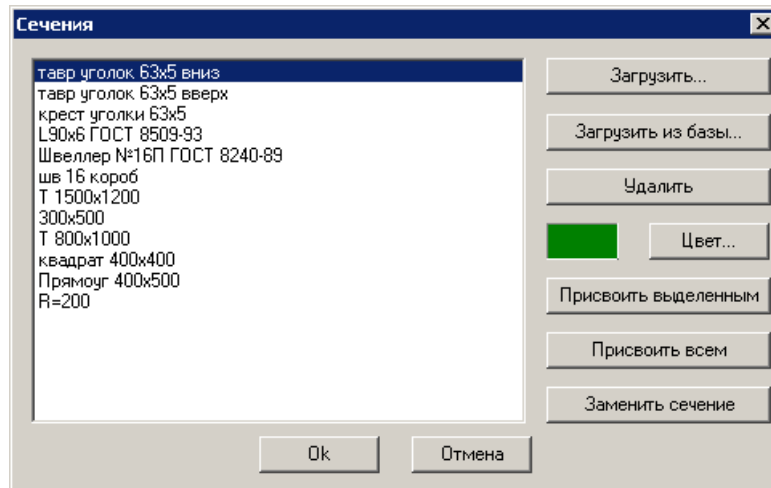


Рис. 2.45 Диалоговое окно Сечения.

Кнопка «Загрузить» вызывает окно загрузки *Загрузить сечения из библиотеки*. Библиотеки, поставляемые с системой находятся в папке, куда установлена система.

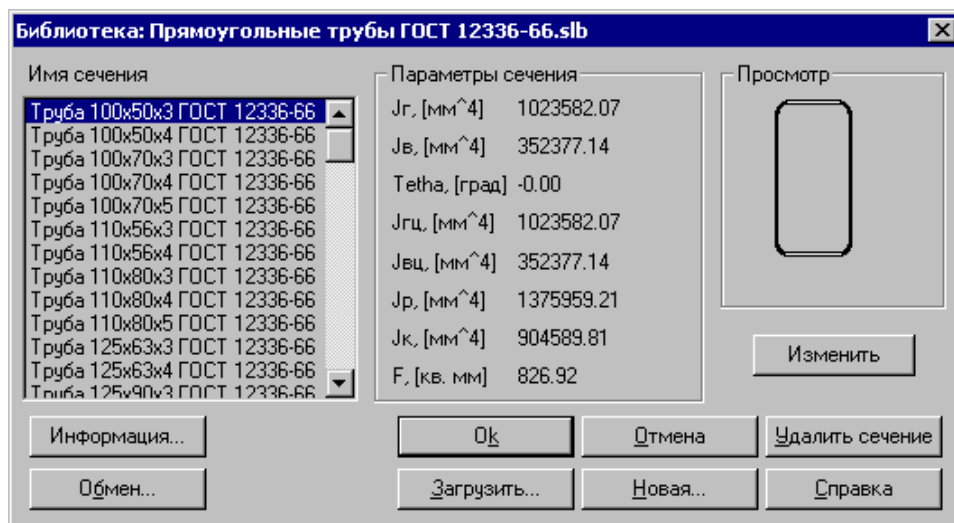


Рис. 2.46 Диалоговое окно Библиотека.

Кнопка **Изменить** позволяет изменить геометрические характеристики вручную.

Кнопка **Информация** вызывает окно, содержащее информацию о библиотеке.

Обмен - кнопка вызывает окно, позволяющее двум библиотекам обмениваться сечениями.



Значок означает, что сечение принадлежит данной библиотеке.



Значок означает, что сечение вставлено из другой библиотеки.

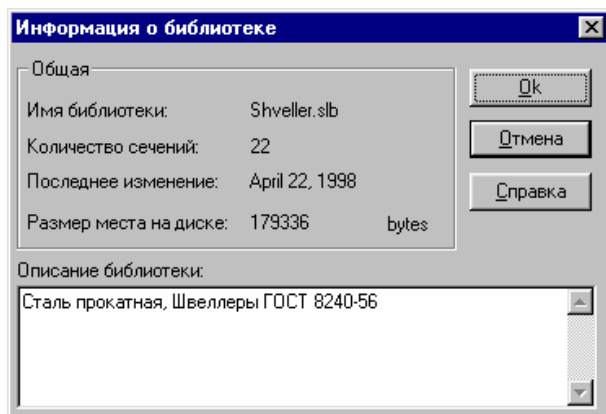


Рис. 2.47 Диалоговое окно Информация о библиотеке.

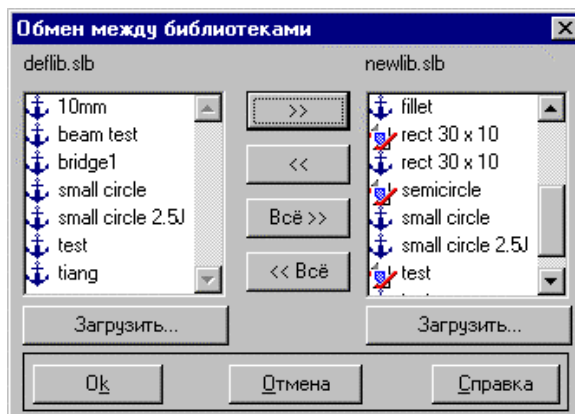


Рис. 2.48 Диалоговое окно Обмен между библиотеками.

Загрузить - кнопка позволяет загрузить любую сохраненную библиотеку сечений.

Удалить Сечение - кнопка удаляет сечение из библиотеки.

Новая - кнопка позволяет создать новую библиотеку сечений и вызывает диалоговое окно, показанное ниже.

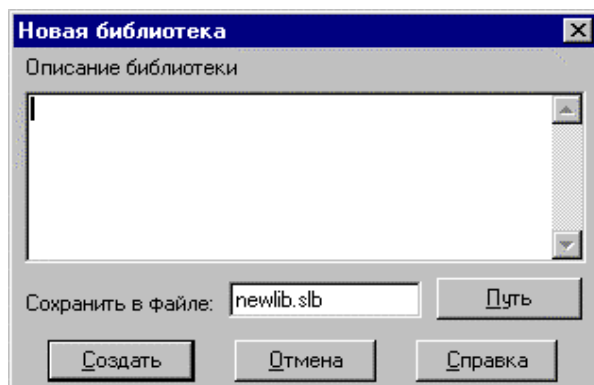


Рис. 2.49 Диалоговое окно Новая библиотека.

Кнопка «Загрузить из базы» позволяет добавить сечение в модель непосредственно из базы параметрических сечений, минуя библиотеки. Для вызова менеджера баз данных кликните правой кнопкой мыши в дереве базы данных.

Откройте в дереве интересующий тип сечения (ГОСТ) двойным кликом мыши, затем выберите необходимый размер сечения в списке и нажмите кнопку «Ок». При необходимости вы можете изменить параметры сечения в диалоговом окне «Переменные». Без необходимости не меняйте размеры стандартных сечений.

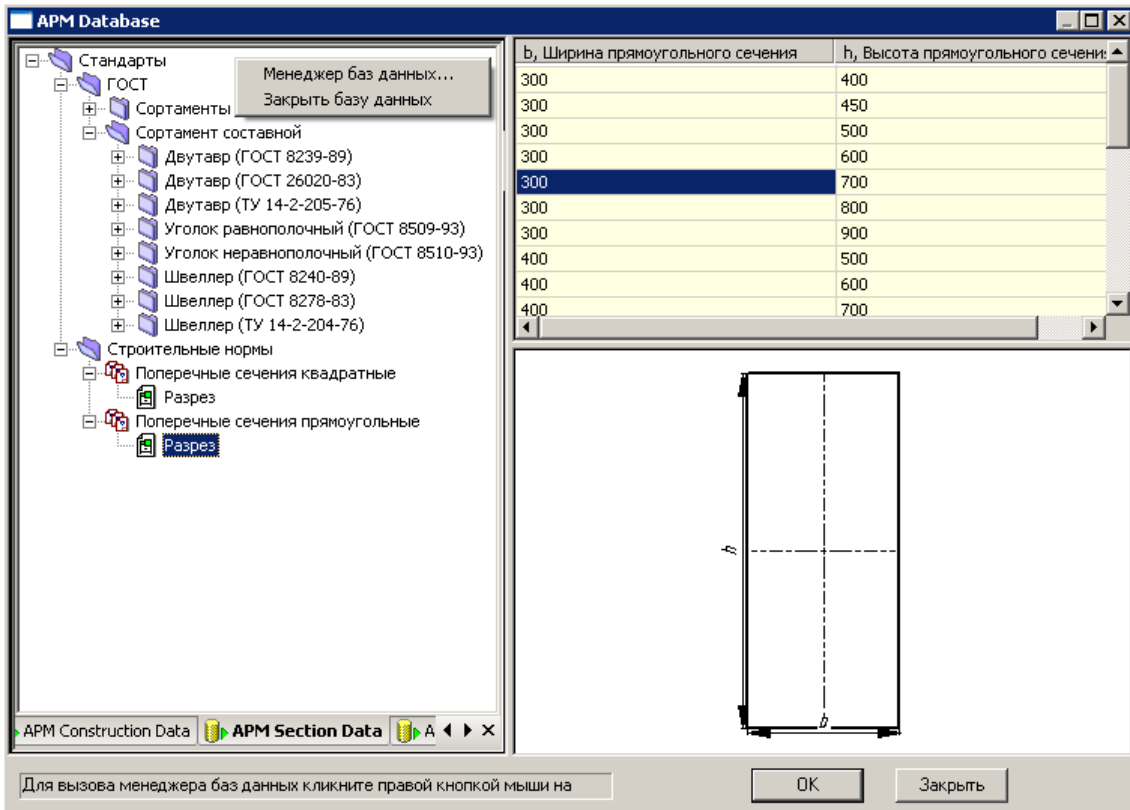


Рис. 2.50 Диалоговое окно выбора сечения из параметрической библиотеки.

!!! Замечание. Тип сечения: -1 – не определено, 0 – равнополочный уголок, 1 – неравнополочный уголок, 2 – неравнополочный двутавр, 3 – швеллер, 4 – уголок, 5 – труба квадратная, 6 – прямоугольник, 7 – круг, 8 – кольцо.

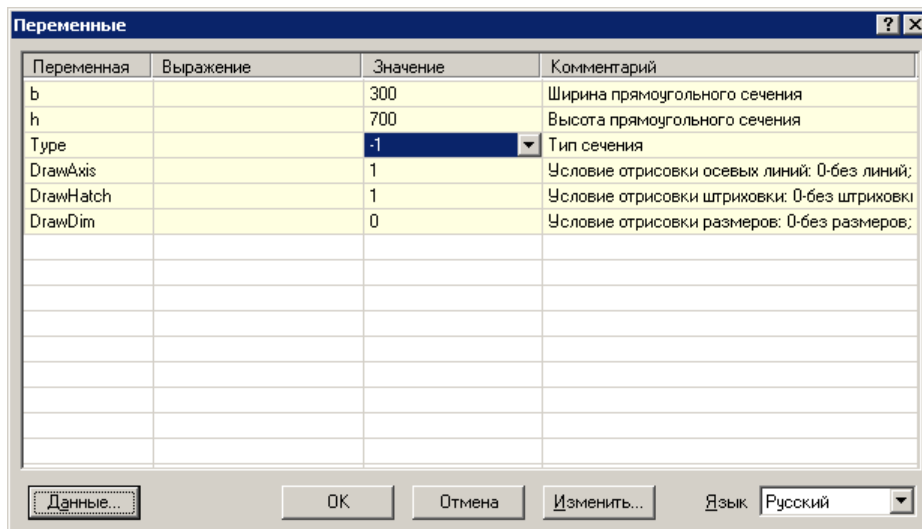


Рис. 2.51 Диалоговое окно Переменные

Далее система автоматически определит размеры сечения и предложит ввести название сечения. Рекомендуется использовать размеры сечения в его названии. После этого сечение будет добавлено в список сечений текущего документа.

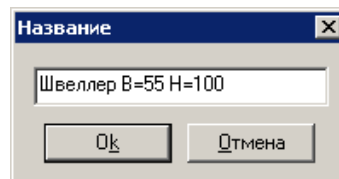


Рис. 2.52 Ввод названия сечения.

Задать Выделенным Стержням

команда присваивает сечение выбранным стержням. Команда вызывает диалоговое окно *Библиотека*. Список *Имя сечения* показывает все сечения, находящиеся в библиотеке. В средней части окна показаны параметры выбранного сечения, справа показан уменьшенный вид сечения.

Сечение всей конструкции

команда позволяет присвоить сечение всем стержням.

Ориентация Сечения

команда позволяет просматривать ориентацию сечения стержня относительно его оси, а также изменять эту ориентацию, поворачивая сечение вокруг неё. Для этого, выбрав данную команду, щелкните мышкой на требуемом стержне. В результате стержень выделится цветом и на нем будет нарисована его локальная система координат и жестко связанное с ней поперечное сечение стержня, если оно задано. Для поворота системы координат стержня щелкните на нем второй раз, и редактор перейдет в режим поворота системы координат стержня. Установите требуемый угол поворота, перемещая мышью вправо или влево. Шаг изменения угла поворота устанавливается в опциях курсора по команде *Вид | Шаг курсора*. Правый щелчок мыши выводит диалоговое окно ввода угла поворота (рис. 2.53). Этот режим позволяет ориентировать ось u системы координат стержня в направлении указываемого узла, при этом ось стержня, ось u системы координат стержня и линия, соединяющая узел начала стержня и выбранного узла, будут лежать в одной плоскости. Чтобы выбрать узел, задающий направление ориентации, в режиме поворота локальной системы координат стержня подведите курсор к требуемому узлу, так чтобы он выделился цветом и щелкните левой кнопкой мыши. Рассмотрим соответствующий пример. На рисунке 2.54 приведен пример конструкции и выделен стержень, систему координат которого нужно повернуть. Ориентируем систему координат так, чтобы ось u лежала в плоскости оси x и прямой bp . Для этого в режиме поворота системы координат подведем курсор к точке p , так чтобы она выделилась, и щелкнем левой кнопкой мыши. Результат операции показан правом рисунке, а плоскость, в которой лежат все три вышеуказанных вектора, показана пунктиром.

По умолчанию у стержня устанавливается система координат, в которой ось x направлена по оси стержня от первого узла к второму. Ось u находится в плоскости оси x стержня и глобальной оси Y . Ось z системы координат стержня дополняет локальные оси x и u до правой тройки. Для изменения масштаба показа поперечного сечения используются клавиши клавиатуры правые «+» и «-» в сторону увеличения и уменьшения соответственно.

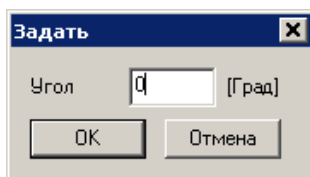


Рис. 2.53 Задание угла поворота сечения.

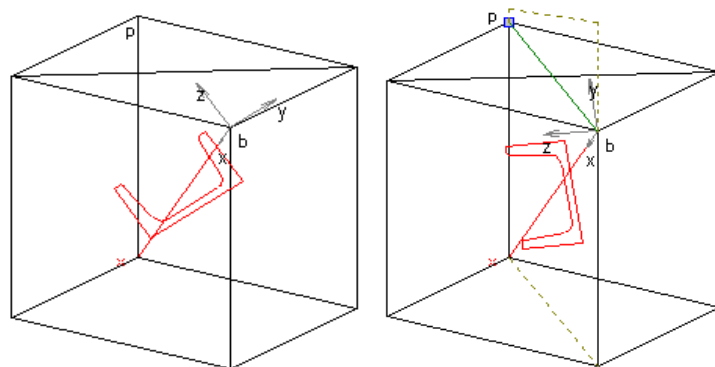


Рис. 2.54 Пояснение к команде ориентация Сечения.

Информация о Стержне

команда включает режим позволяющий просмотреть информацию о стержне. Для этого необходимо выбрать стержень в виде, после чего появляется диалоговое окно (рис. 2.55).

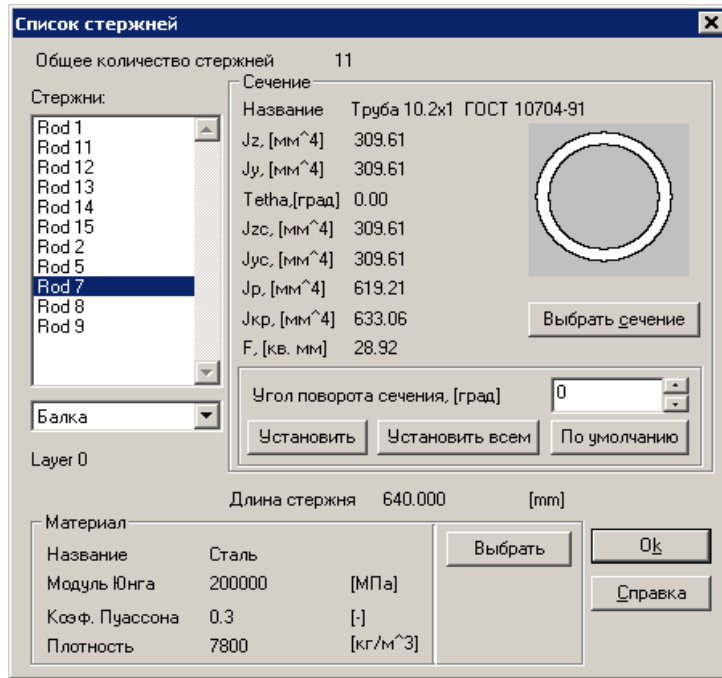


Рис. 2.55 Диалоговое окно Список стержней.

Список *Стержни* слева содержит все стержни конструкции и позволяет выбирать их для просмотра. Этот список позволяет также изменить имя стержня с его номером, которое присваивается по умолчанию. Для этого дважды щелкните на имени стержня в списке и введите имя в появившемся диалоговом окне (рис. 2.56). В диалоговом окне *Список стержней* для выбранного стержня можно изменить тип элемента (балка / ферма / канат), сечение, угол поворота сечения и материал.

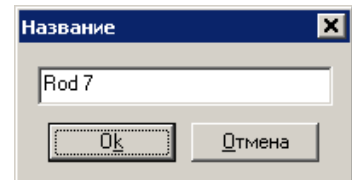


Рис. 2.56 Диалоговое окно Название.

Материалы...

команда позволяет работать со списком материалов для данной конструкции и назначать элементам различные типы материалов. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно, показанное ниже.

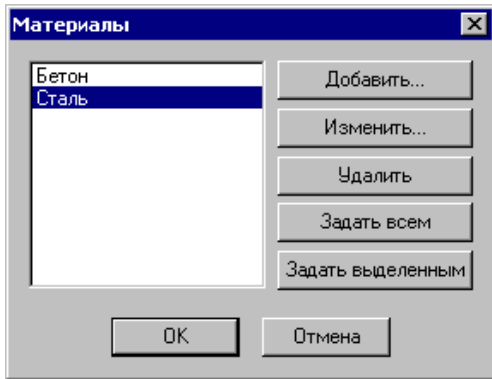


Рис. 2.57 Диалоговое окно Материалы.

Добавить... - кнопка создаёт новый материал. После нажатия выводится на экран диалоговое окно, в котором пользователь может задать название материала и все его параметры, такие как модуль Юнга, коэффициент Пуассона и т.д.

Изменить... - кнопка позволяет изменить механические свойства уже созданного материала. После нажатия на экран выводится диалоговое окно (см. рис. 2.58).

Задать выделенным - кнопка приписывает материал только выделенным элементам.

Задать всем - кнопка приписывает параметры всем элементам конструкции.

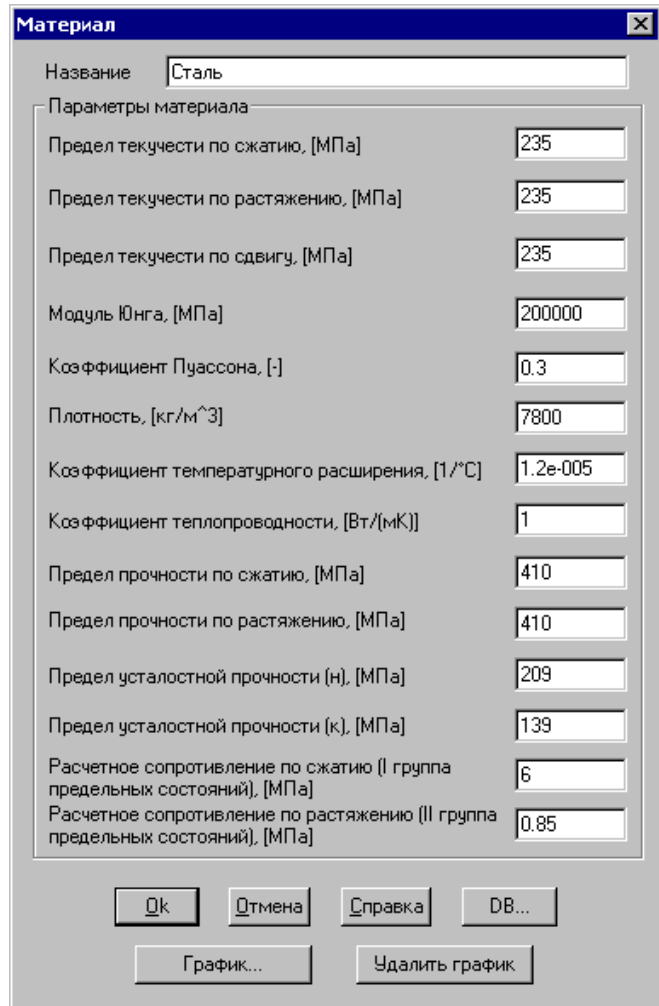


Рис. 2.58 Диалоговое окно Материал.

ДВ... - кнопка вызывает окно для выбора материала из базы данных.

График... - в APM Dynamics не используется.

Меню Окно

Команды этого раздела позволяют размещать окна на экране различными способами.

Таблица 2.4 – Команды меню Окно

Название команды	Описание команды
Каскад	команда размещает все окна на экране в виде каскада.
Расположить все	команда размещает все окна на экране в виде черепицы.
Упорядочить	команда упорядочивает окна, уменьшенные до размера иконки на экране.
Окно 1	команда делает активным окно, чьему имени соответствует эта команда.

Меню Справка

Содержание

вызов окна с содержанием справки по системе *APM Structure3D* (построение механизма).

Драйвер Open GL...

вызов на экран окна с информацией о видеоадаптере и об установленном драйвере *Open GL*.

О модуле

вызов диалогового окна, содержащего информацию о программе.

Глава 3. Как работать с системой APM Dynamics

Начало работы

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

Для проведения расчета в *APM Dynamics* требуется, прежде всего, создать механизм, затем установить датчики требуемых параметров, мониторы для этих датчиков и запустить расчёт. Все требуемые команды расположены на панели *Датчики и мониторы* и на панели *Dynamics дополнительно*. Динамическая модель создается средствами графического редактора *APM Structure3D*. В данной версии *APM Dynamics* она может содержать в себе стержни, сосредоточенные массы и моменты инерции, полные и упругие закрепления и упругие соединения.

Ограничения динамической модели:

- Модель не может состоять из несвязанных между собою частей.
- Для всех стержней должно быть задано сечение.
- В модели не должны присутствовать свободные узлы.
- *APM Dynamics* позволяет рассчитывать как кинематические так и деформационные перемещения¹ (например, пространственной стержневой конструкции). При этом если модель заведомо является механизмом, т.е. обладает хотя бы одной степенью свободы; для обеспечения подвижности, где необходимо, должны быть установлены шарниры.

Команды динамического расчета

Команды динамического расчета выведены на специальных панелях: *Датчики и мониторы* и *Dynamics дополнительно*.

Панель инструментов Датчики и мониторы

Основные команды для работы с динамической моделью расположены на панели инструментов *Датчики и мониторы*:



Таблица 3.1 – Справочник пиктограмм панели инструментов Датчики и мониторы

Пиктограмма	Описание команды
	Создание мониторов графиков для выбранных датчиков
	Создание относительных мониторов графиков для выбранных датчиков
	Создание датчика смещения для выделенного узла
	Создание датчиков скорости для выделенного узла
	Создание датчиков ускорения для выделенного узла
	Создание датчика угла, составленного выделенными тремя узлами
	Создание датчика угловой скорости для выбранного стержня
	Создание датчика углового ускорения для выбранного стержня
	Создание датчика силового фактора для выбранного стержня
	Вызов окна расчета

¹ Для расчета деформационных перемещений возможно также использование системы конечно-элементного анализа *APM Structure3D*, которая позволяет проводить статический и деформационный расчет, а также расчет вынужденных колебаний стержневых, пластинчатых, твердотельных, а также смешанных конструкций.

	Вывод списка датчиков и мониторов
	Вывод результатов расчёта
	Вызов справки по APM Dynamics

Панель инструментов Dynamics дополнительно

Для задания начальных условий динамической модели и кулисы служат команды панели инструментов Dynamics дополнительно:

Таблица 3.2 – Справочник пиктограмм панели инструментов Dynamics дополнительно

Пиктограмма	Описание команды
	Создание подвижного узла на стержне (кулисы).
	Задание начальных линейных и угловых скоростей выбранным узлам механизма
	Задание начальных линейных и угловых ускорений выбранным узлам механизма
	Задания закона движения перемещения, скорости, ускорения для произвольной степени свободы динамической системы выбранным узлам механизма
	Задание связи между степенями свободы

План подготовки модели и выполнения расчета

1. Создание связанной стержневой модели механизма;
2. Задание стержням сечений и материалов;
3. Задание опор;
4. Размещение шарниров в узлах для обеспечения подвижности механизма;
5. Задание внешних силовых факторов, действующих на механизм в виде сосредоточенных сил и моментов;
6. Задание начальных условий;
7. Установка датчиков кинематических и динамических параметров механизма;
8. Создание мониторов для отображения значений датчиков;
9. Выполнение расчета;
10. Результаты расчета.

Выполнение п.п. 1–5 во многом схоже с построением модели конструкции в *APM Structure3D* и осуществляется посредством команд, описанных в главе 2. Подробное описание подготовки стержневой модели можно найти в учебных пособиях и руководстве пользователя системы *APM Structure3D*. Остановимся подробнее на этапах динамического анализа.

Задание кулисы на стержне

Последовательность задания кулисы аналогична команде **Узел | на Стержне**.

Команда **Кулиса** устанавливает режим размещения кулисы на стержне. Последовательность задания кулисы аналогична команде **Узел | на Стержне**. Первым щелчком мыши выберите нужный стержень, затем перемещайте мышью появившийся узел, вторым щелчком мыши зафиксируйте положение узла в пространстве. При этом появляется диалоговое окно (рис. 3.1), в котором можно подкорректировать положение узла на стержне. Далее система предложит ввести массу кулисы (рис. 3.2). Для редактирования массы или расположения кулисы ее нужно удалить и затем задать заново.

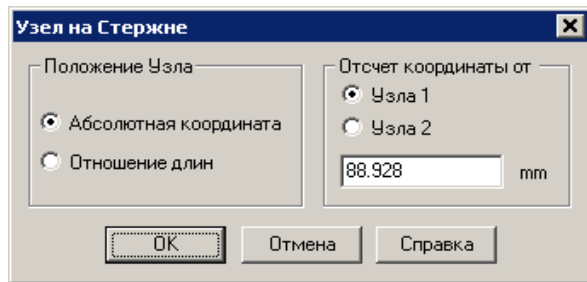


Рис. 3.1 Диалоговое окно Узел на Стержне.

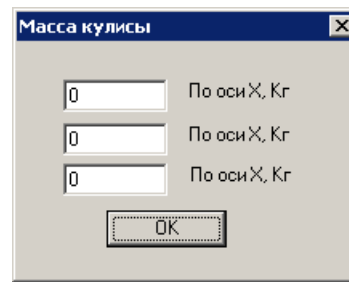


Рис. 3.2 Задание массы кулисы.

Для обеспечения поворота необходимо в узле созданной кулисы добавить шарнир с помощью команды **Шарнир | В Узле | Создать Выделенным...**

Задание начальных условий

Для задания начальных условий используются команды панели инструментов *Dynamics* **дополнительно**. Рассмотрим на примере задания начальной скорости движения.

Прежде всего необходимо выделить все узлы, имеющие одинаковую начальную скорость по модулю и направлению. После нажатия кнопки **V** «Начальная скорость» появляется диалоговое окно для ввода значений начальной линейной и угловой скорости (рис. 3.3).

При этом если начальные условия заданы для запрещенных степеней свободы узла, то такие начальные условия будут проигнорированы, например, в шарнире возможно лишь вращение, а задана начальная линейная скорость.

Для редактирования начальных условий прежние значения нужно удалить нажав соответствующую кнопку диалогового окна. Затем начальные условия необходимо задать заново.

Задание начальных линейных и угловых ускорений выбранным узлам механизма аналогично заданию скоростей.

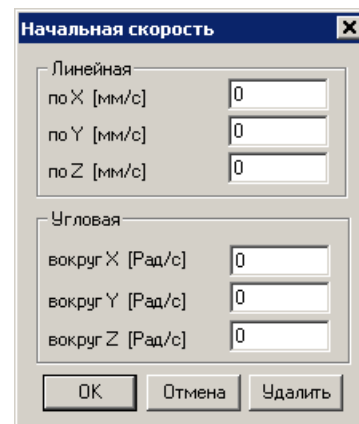


Рис. 3.3 Окно задания начальной скорости.

Задание закона движения

Для задания закона движения используется соответствующая команда **fx** панели инструментов *Dynamics* **дополнительно**. Прежде всего необходимо выделить все узлы, имеющие одинаковые законы движения по модулю и направлению. После нажатия кнопки **fx** «Закон движения» появляется диалоговое окно (рис. 3.4).

В появившемся диалоговом окне есть возможность выбора:

1. Кинематического параметра закона движения: перемещение, скорость или ускорение.
2. Степени свободы: Линейная по осям X, Y, Z; Угловая вокруг осей X, Y, Z
3. Постоянного или закон движения от времени. Закон движения от времени задается амплитудным значением и безразмерным графиком в редакторе функций. Подробно о работе с редактором функций изложено в главе 5.

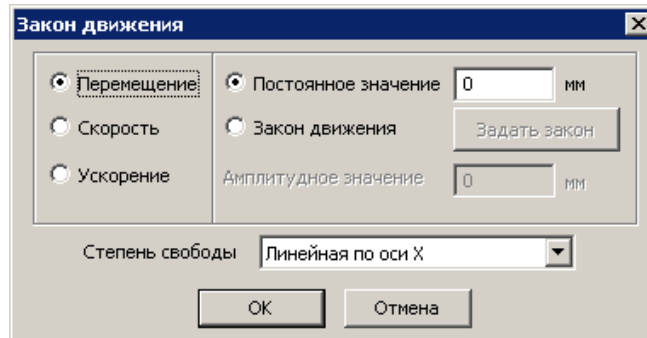


Рис. 3.4 Окно задания закона движения.

Замечание. Если закон движения задан для запрещенных степеней свободы узла, то такой закон движения будет проигнорирован, например, в шарнире опоры возможно лишь вращение, а задан закон линейной скорости.

Связь между степенями свободы

Связь между степенями свободы (связь кинематических параметров) предназначена для моделирования передаточных механизмов. После вызова данной команды необходимо выбрать нажать кнопку «Выбрать» для зависимого элемента и указать с помощью мыши стержень на модели. Затем выбрать узел (0 или 1) и тип степени свободы в ЛСК. Аналогичные действия нужно повторить для управляющего элемента. Далее в поле ввода необходимо задать зависимость для связи в виде: $y=f(x)$, где x – значение кинематического параметра степени свободы управляющего элемента, y – значение кинематического параметра степени свободы зависимого элемента.

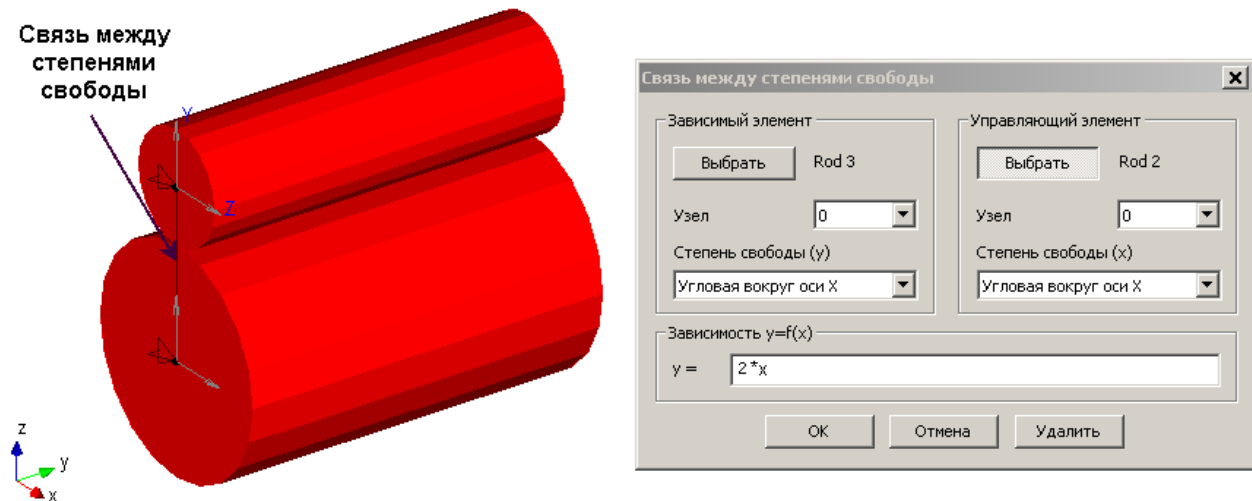



Рис. 3.5 Задание связи степеней свободы.


Установка датчиков


Система APM Dynamics позволяет установить так называемые датчики для отображения линейных и угловых кинематических и динамических параметров в любом узле механизма в зависимости от времени.


Установка датчиков кинематических параметров

Для задания датчика смещения выберите интересующий узел механизма и нажмите кнопку  панели инструментов *Датчики и мониторы*. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.6) отметьте необходимый параметр смещения выбранного узла и нажмите кнопку *Ок*.

Смещение узла по какой-либо оси характеризует перемещение выбранного узла в глобальной системе координат. «Относительно узла» есть соответствующее смещение выбранного узла за вычетом смещения относительного узла, который выбирается по номеру из выпадающего списка.

Команда  **Номера узлов** панели инструментов *Фильтры вида* включает / выключает показ номеров узлов. Аналогично могут быть заданы **датчики линейной скорости и линейного ускорения** узла.

Для задания датчика угла необходимо последовательно, удерживая нажатой клавишу Shift, выделить три узла интересующего угла в следующей последовательности: узел одного из лучей угла, узел центра угла и, наконец, узел другого луча угла. Далее нажмите кнопку  панели инструментов *Датчики и мониторы*.


Для задания датчика угловой скорости выберите интересующий стержень механизма и нажмите кнопку  панели инструментов *Датчики и мониторы*. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.7) отметьте необходимый параметр угловой скорости и нажмите кнопку *Ок*.

Датчик угловой скорости характеризует вращения стержня вокруг собственной оси – абсолютное значение или в проекции на одну из координатных осей глобальной системы координат.

Угловая скорость стержня относительно другого стержня есть соответствующая угловая скорость выбранного стержня за вычетом угловой скорости относительного стержня из выпадающего списка.

Аналогично может быть установлен датчик углового ускорения стержня.

Установки датчиков динамических параметров

Для задания датчика силового фактора выберите интересующий стержень механизма (при этом отобразится локальная система координат стержня) и нажмите кнопку  панели инструментов *Датчики и мониторы*. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.8) отметьте интересующий силовой фактор – сила и/или момент, систему координат – локальная или глобальная, узел стержня и проекцию и/или абсолютное значение и нажмите кнопку *Ок*.

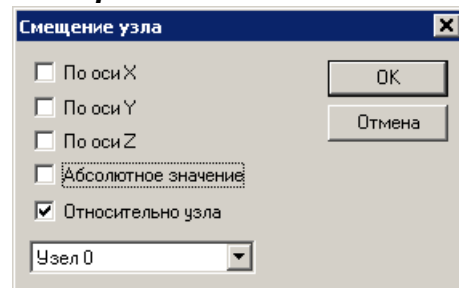


Рис. 3.6 Окно выбора параметра смещения узла.

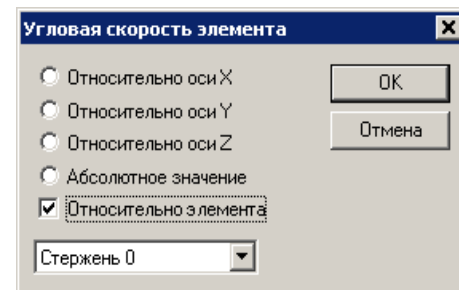


Рис. 3.7 Окно выбора параметра угловой скорости стержня.

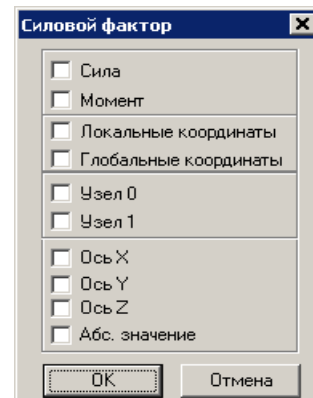



Рис. 3.8 Окно выбора параметров датчика силового фактора.

Создание мониторов

Установленные датчики для отображения информации с них должны быть подключены к монитору.

Подключение датчиков к монитору движения относительно времени движения

Для подключения датчиков к монитору используется кнопка  панели инструментов *Датчики и мониторы*. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.9) представлен список всех установленных датчиков. Для создания монитора выберите в списке один или несколько датчиков, которые необходимо включить в данный монитор и нажмите кнопку **ОК**. Перед созданием монитора система предложит ввести имя монитора. По умолчанию можно использовать имя датчика.

Подключение датчика таким образом позволяет получить график параметра датчика в зависимости от времени движения.

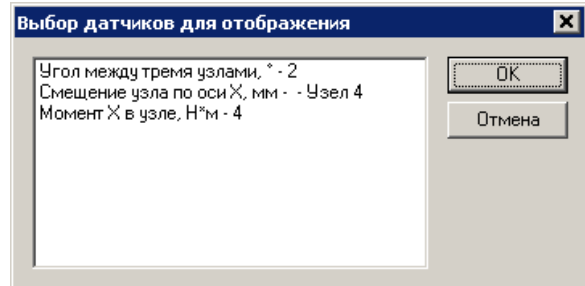



Рис. 3.9 Окно выбора датчиков для отображения.

Подключение датчиков к монитору относительного движения

Для подключения датчиков к монитору относительного движения, показывающего зависимость одного параметра от другого, например, зависимость перемещения произвольного узла конструкции от угла поворота ведущего звена

служит кнопка  панели инструментов *Датчики и мониторы*. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.10) представлен список всех установленных датчиков (ось Y графика). В верхней части окна находится выпадающий список тех же датчиков только относительных (ось X графика).

Для создания монитора выберите в выпадающем списке датчик для отображения по оси X; в нижнем списке выберете один или несколько датчиков, которые необходимо включить в данный монитор по оси Y и нажмите кнопку **ОК**.

Перед созданием монитора система предложит ввести имя монитора. По умолчанию можно использовать имя датчика. Подключение датчика таким образом позволяет получить график параметра датчика в зависимости от выбранного относительного датчика.

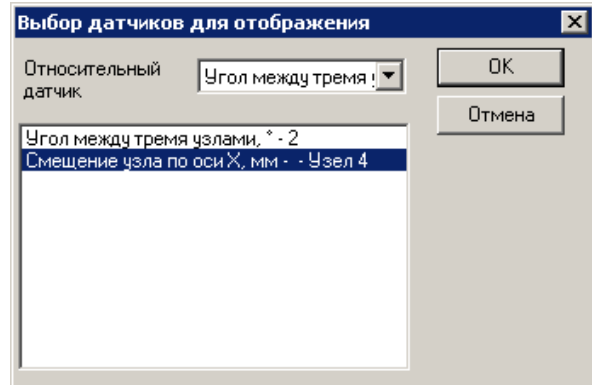




Рис. 3.10 Окно выбора датчиков для относительного отображения параметров.

Для просмотра списка датчиков и мониторов нажмите соответствующую кнопку . В появившемся диалоговом окне (рис. 3.11) слева отображается список всех установленных датчиков. Справа отображается список всех мониторов. Причем если для одного и того же датчика создано несколько мониторов, то все они будут присутствовать в списке. Анимационный сенсор и монитор присутствуют в списке независимо от установленных датчиков и мониторов и используются для отображения анимации механизма.

Монитор датчиков относительно времени движения: Угол между тремя узлами, ° - 2
Смещение узла по оси X, мм - Узел 4

Монитор относительного движения: Угол между тремя узлами, ° - 2, Смещение узла по

Для удаления выберите мышью монитор и нажмите кнопку «Delete». При этом будет удален и соответствующий монитору датчик. Анимационный сенсор и монитор не могут быть удалены. Закрывание окна *Датчики и мониторы* осуществляется отжатием кнопки .

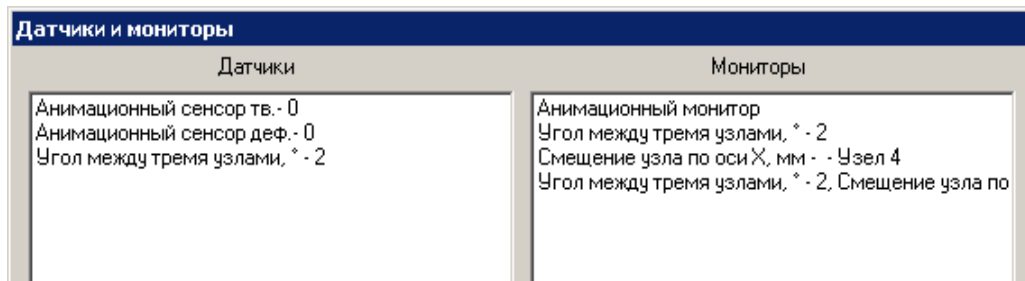



Рис. 3.11 Окно Датчики и мониторы.

Выполнение расчета

Для выполнения расчета нажмите соответствующую кнопку  «Расчет» панели инструментов *Датчики и мониторы*. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.12) введите параметры расчета и нажмите кнопку *Ок*.

Время расчёта, с – промежуток времени, в котором требуется рассмотреть движение механизма.

Шаг расчёта, с – шаг времени, с которым *APM Dynamics* будет дискретизировать решение задачи. Рекомендуется задавать такой шаг, в течение которого ни один из элементов механизма не повернется на угол более 5°.

Максимально допустимая частота, Гц – предел учитываемых частот колебаний системы при решении задачи.

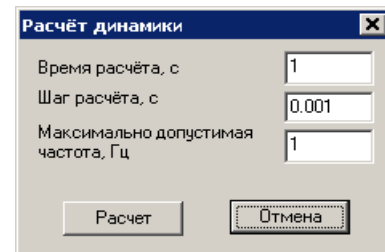



Рис. 3.12 Окно параметров расчета динамики.

Результаты расчета


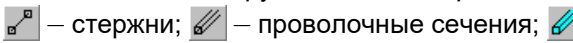


После выполнения расчета результаты представлены в виде анимации движения механизма (рис. 3.13) а также в виде созданных ранее мониторов датчиков (рис. 3.11). Если окна вывода результатов были закрыты или был открыт файл с сохраненными результатами, то вызов результатов осуществляется нажатием кнопки  «Результаты» панели инструментов *Датчики и мониторы*.

Анимация движения механизма

Анимационный монитор будет создан вне зависимости от установки датчиков. Анимационный монитор позволяет контролировать адекватность построения модели механизма: обеспечена ли подвижность механизма; везде ли, где необходимо, установлены шарниры и т.д.

Окно анимации отображает движение механизма в произвольном виде *APM Dynamics* и содержит стандартные кнопки управления анимацией, а также бегунок прокрутки. Скорость анимации можно регулировать при помощи регулятора скорости, расположенного в правом нижнем углу.

Для анимационного монитора доступны команды панели инструментов *3D вид ориентации модели механизма* в окне:

, а также команды панели инструментов *Фильтры вида*:  – стержни;  – проволочные сечения;  – объемные сечения.

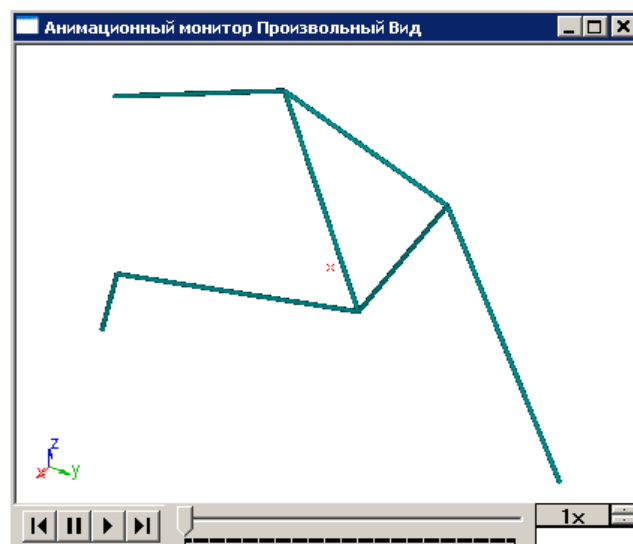


Рис. 3.13 Окно анимации движения механизма.

Мониторы датчиков

Помимо анимации для просмотра доступны созданные ранее мониторы датчиков в виде графиков кинематических и динамических параметров датчиков (рис. 3.14).

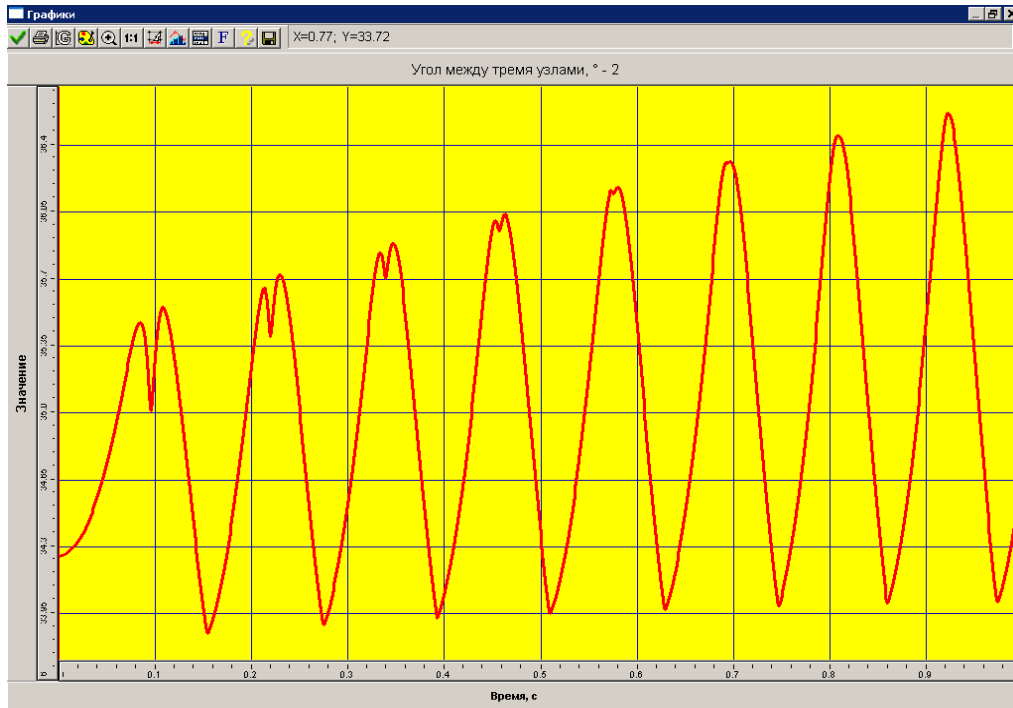


Рис. 3.14 Графическое представление монитора датчика.

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 графиками результатов представлен в таблице 3.3. В верхней части окна показа графиков отображаются текущие координаты курсора. Для уточнения численного значения параметра необходимо навести курсор на интересующую точку графика.

Таблица 3.3 – Справочник команд системы показа графиков

Команда	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 фрагмента графика
Масштаб 1:1	Масштаб 1:1
Шаг курсора	Настройка шага курсора для каждой оси
Стиль графика	Настройка стиля графика: вид графика; тип, толщина и цвет линии; тип и размер маркера.
Значения	Табличное представление данных
Шрифт	Настройка шрифта графика
Справка	Справка по работе с системой показа графиков
Сохранить	Сохранение данных в формате Excel

Глава 4. Редактор сечений

Начало работы с редактором сечений

В качестве редактора сечений используется чертежно-графический редактор *APM Graph*. Описание большинства команд меню и инструментальных панелей можно найти в документации по данному модулю. Внешний вид окна редактора сечений *APM Graph* представлен на рисунке 4.1.

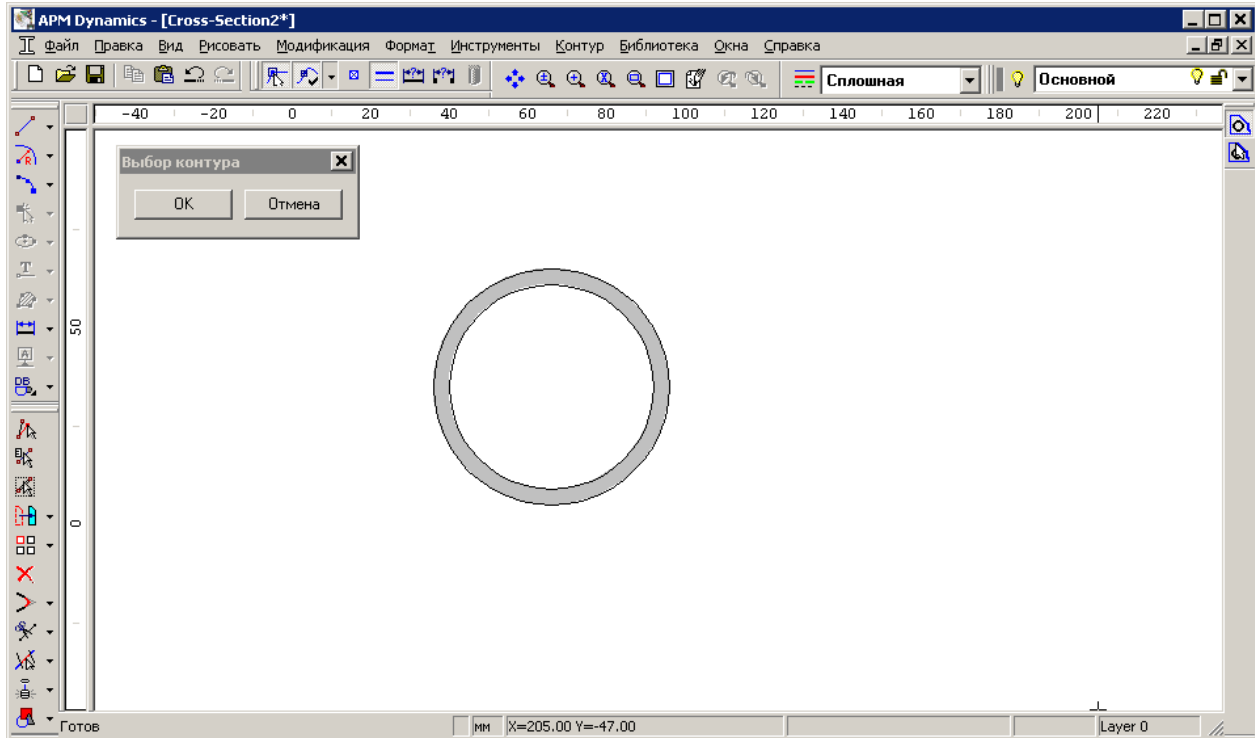


Рис. 4.1 Внешний вид окна редактора сечений *APM Graph*.

Отличие чертежно-графического редактора от редактора сечений *APM Graph* заключается в возможности задания контура сечения (меню **Контур**) и работой с библиотеками сечений (меню **Библиотека**).

Меню **Контур**

Команды меню **Контур** (рис. 4.2) предоставляют пользователю возможность задания поперечного сечения через простой и набираемый контуры.

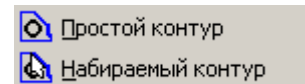


Рис. 4.2 Меню **Контур**.

Команда **Контур** | **Простой контур** переводит редактор в режим выбора пользователем замкнутых контуров для определения сечения. Для ввода контура переместите курсор к одному из объектов, входящему в контур, и нажмите левую кнопку мыши. По этому нажатию осуществляется поиск контура и, если он найден, то выделяется цветом. Чтобы удалить внешний контур подведите курсор к нему и нажмите правую кнопку мыши.

Команда **Контур** | **Набираемый контур** переводит редактор в режим ввода пользователем замкнутых контуров, состоящих из нескольких геометрических элементов. Для ввода контура переместите курсор к одному из объектов, входящему в контур, и нажмите левую кнопку мыши, затем поочерёдно выберите все остальные элементы, составляющие контур. Чтобы удалить элемент контура подведите курсор к нему и нажмите правую кнопку мыши.

Меню **Библиотека**

Команды этого меню (рис. 4.3) предоставляют пользователю необходимые средства для работы с библиотеками сечений.

Команда **Библиотека | Добавить в библиотеку...** вызывает окно диалога *Добавить сечение в библиотеку*, которое позволяет добавить нарисованное сечение в библиотеку сечений.

Команда **Библиотека | Получить из библиотеки...** вызывает окно диалога *Библиотека*, которое позволяет загрузить в редактор сечение из библиотеки.

Команда **Библиотека | Создать новую...** вызывает окно диалога *Новая библиотека*, который позволяет создать новую библиотеку сечений.

Команда **Библиотека | Параметры разбиения...** вызывает окно диалога *Параметры разбиения*, который позволяет задать тип разбиения и количество элементов в сечении.

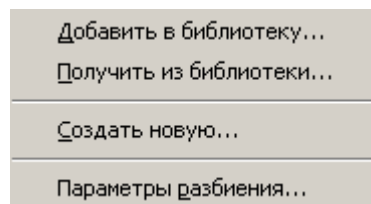




Рис. 4.3 Меню Библиотека.

Создание поперечного сечения

Поперечное сечение может быть создано четырьмя способами:

- вставлено из базы данных сечений в виде параметрической модели;
- открыто в заранее сохраненном файле собственного формата модуля *APM Graph* с расширением **.agr*;
- импортировано в редактор поперечных сечений через файл формата **.dxf*;
- создано непосредственно в редакторе поперечных сечений *APM Graph*.

Рассмотрим каждый из способов подробнее. Редактор поперечных сечений *APM Graph* позволяет выбрать сечение, представленное в виде графического объекта, из базы данных. Графические объекты, которые могут быть взяты из базы данных, как правило, представляют собой параметрическую модель, которая переносится в поле редактора как параметрический блок. Такой блок перед добавлением его в библиотеку сечений должен быть обязательно расчленен. Рассмотрим кратко порядок вставки объекта из базы данных.

1. Переходим в режим вставки объекта из базы данных нажатием одноименной кнопки  панели инструментов *Рисование* (команда **Рисовать | Блок | Вставить объект из базы данных**). После этого откроются те базы данных, которые были выбраны более ранним к ним обращением, причем не обязательно из модуля *APM Veat*. Если таковых не окажется, то следует на панели инструментов *Инструменты* нажать кнопку «Менеджер баз данных»  (команда **Инструменты | Менеджер баз данных...**) и в открывшемся диалоговом окне (рис. 4.4) отметить флажком одну или несколько баз данных – те, в которых находятся необходимые для встраивания объекты. Параметрические библиотеки сечений расположены в разделе сортаменты в следующих базах, поставляемых с системой APM:

Механическая Сечения C:\Program Files\APM WinMachine 2007\DataBase\APM Mechanical Data
Сечения C:\Program Files\APM WinMachine 2007\DataBase\APM Section Data

В состав библиотек сечений APM входит как стандартный сортамент, так и составной сортамент, а инструменты параметризации позволяют удобно задавать в диалоговом режиме параметры составного сортамента, например расстояние между профилями.

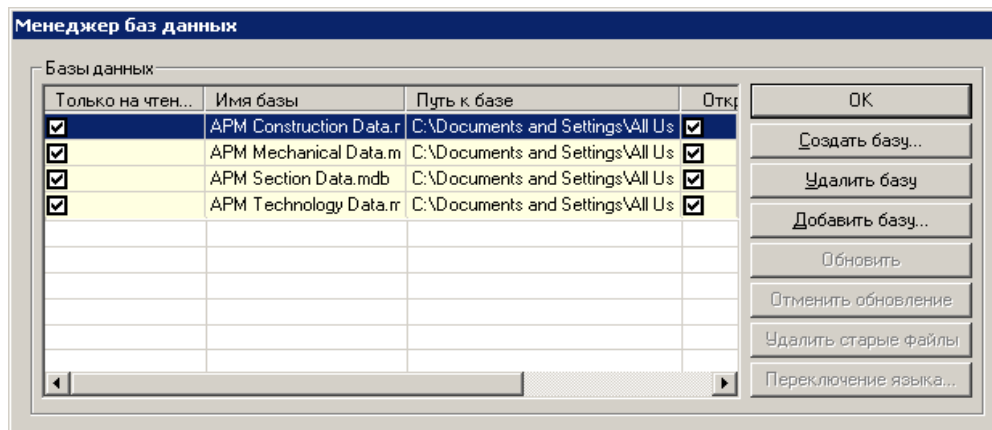


Рис. 4.4 Диалоговое окно Менеджер баз данных.

2. Выбираем объект (параметрическую модель) из диалогового окна *База данных*, выделив его на «дереве» отмеченной базы. Информация о данных выбранного объекта будет показана в окне *Данные* (рис. 4.5). После выбора необходимого типоразмера сечение отрисовывается в нижней части окна *Данные*. Любой из параметров встроенного сечения можно изменить. Для этого нужно нажать кнопку *OK* и в полях ввода открывшегося диалогового окна *Переменные* записать нужные числовые значения. Измененную таким образом модель нужно затем вставить в поле редактора *APM Graph* в соответствии с правилами вставки блоков.

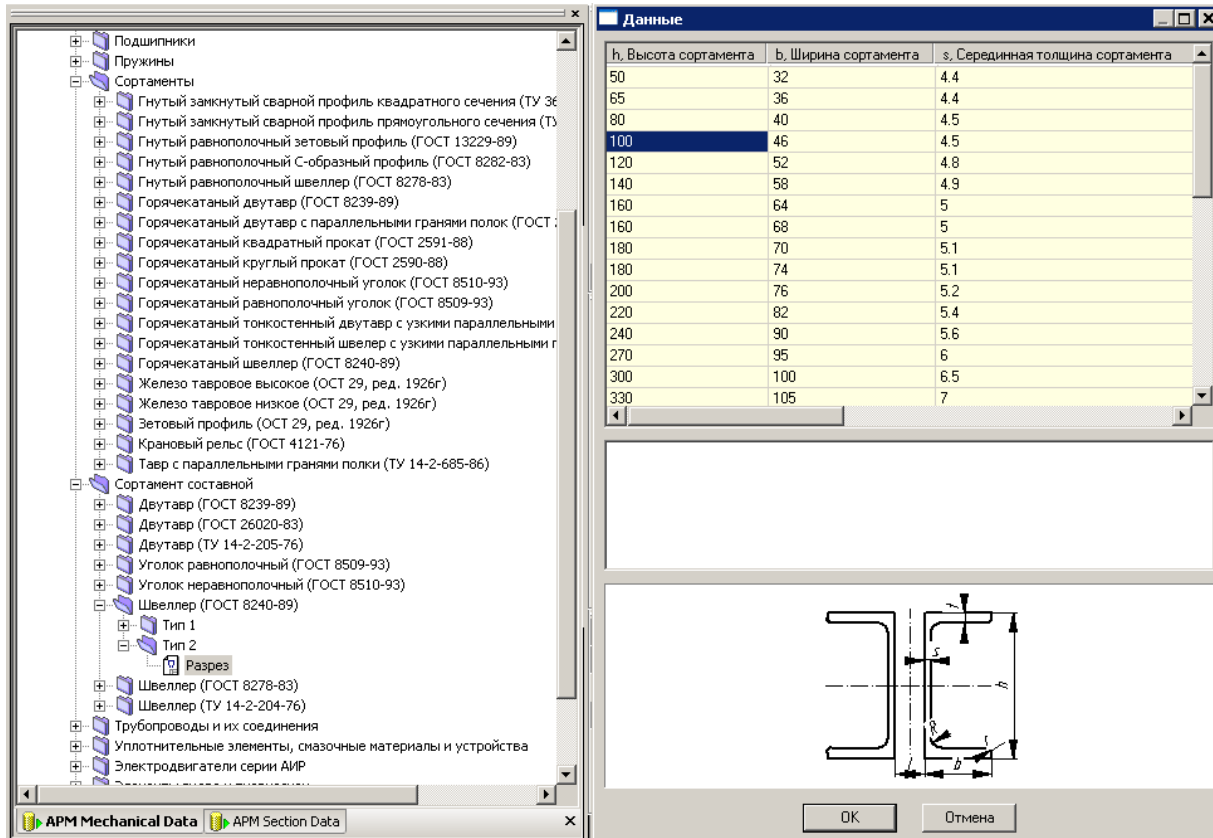


Рис. 4.5 Диалоговые окна *База данных* и *Данные*.

Пользователь имеет возможность использовать в качестве поперечного сечения файл параметрической модели с расширением *.agr, но вставлять его в окно редактора сечений придется с помощью правил вставки в чертеж параметрических блоков (команда **Рисовать | Блок | Вставить блок**).



3. Завершаем создание поперечного сечения нажатием кнопки «Расчленить блок» панели инструментов *Модификация* (команда **Модификация | Расчленение блока**).

У пользователя есть возможность сохранить сечение в собственном формате данного редактора. Это может потребоваться в тех случаях, когда предполагается дальнейшее редактирование сечения (например, во время следующих сеансов работы с *APM Dynamics*) или обмен файла поперечного сечения с другими пользователями.

Сохранение файла поперечного сечения может быть осуществлено на любом этапе его создания. Для сохранения созданного чертежа поперечного сечения нажмите кнопку «Сохранить» на панели инструментов *Файл* либо выберите команду **Файл | Сохранить**. Файл поперечного сечения можно сохранить с расширением *.wcr (файл *Cross-Section*) или *.agr (файл *APM Graph*). Для сохранения сечения с запросом имени файла используйте команду **Файл | Сохранить как...**

Кнопка «Открыть» панели инструментов *Файл* (команда **Файл | Открыть...**) позволяет открыть файл сохраненного ранее поперечного сечения с расширением *.wbc, а также файл редак-

ра *APM Graph* с расширением *.agr. Импорт сечения из файла формата *.dxf осуществляется с помощью команды **Файл | Импорт...**).

Использование модуля *APM Graph* в качестве редактора сечений имеет некоторые особенности по сравнению с его функционированием как самостоятельного чертежно-графического редактора. Для того чтобы подготовленный рисунок стал поперечным сечением, в нем необходимо выделить контуры. Для этого на панели «Контур» есть специальные кнопки –  «Простой контур» (команда **Контур | Простой контур**) и  «Набираемый контур» (команда **Контур | Набираемый контур**). После нажатия кнопки «Простой контур» следует щелкнуть сначала на любом из элементов наружного контура, а затем на любом из элементов каждого из внутренних контуров (если они есть). Замкнутые контуры после щелчка должны окраситься в синий цвет. Соответствующие контуры могут быть выделены только в том случае, если они замкнуты. Одновременно с нажатием одной из этих кнопок открывается диалоговое окно *Выбор контура*, в котором после выделения всех контуров нужно нажать или кнопку **ОК**, или правую кнопку мыши, или пробел. Область между выделенными контурами, т. е. собственно поперечное сечение, окрасится в серый цвет. Это означает, что программа адекватно поняла, какая область будет являться поперечным сечением (рис. 4.6).

Режим «Набираемый контур» используется тогда, когда имеет место неоднозначность определения контура. В этом случае пользователю нужно, войдя в режим, поочередно щелкать левой кнопкой мыши на элементах контура, добиваясь их выделения; если же предыдущий элемент выделился, а последующий – нет, то между этими элементами нет связи, т. е. в этом месте контур незамкнут.

Все сказанное выше относится к сечению, подготовленному с помощью внутреннего редактора *APM Graph*. Если же поперечное сечение импортировано (или взято из заранее сохраненного файла) и имеет штриховку – а это означает, что выделение контуров для определения области штриховки уже было произведено ранее – то дополнительного выделения контуров по описанной выше методике не требуется.

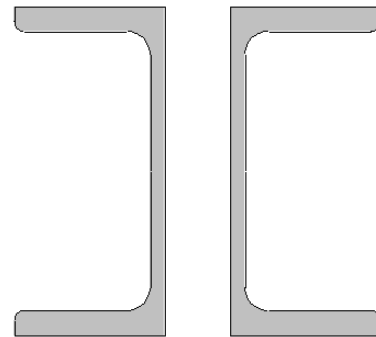


Рис. 4.6 Поперечное сечение.

Библиотеки сечений

С системой *APM WinMachine* поставляются библиотеки стандартных элементов сечений, которые дополняются и обновляются. Библиотеки сечений устанавливаются в директорию установки *APM WinMachine*. По умолчанию это C:\Program Files\APM WinMachine 2006\.... Инструменты редактора сечений позволяют также создавать пользовательские библиотеки, которые могут быть использованы как для группировки наиболее часто используемых стандартных сечений так и для нестандартных пользовательских сечений.

Добавление нового сечения в библиотеку сечений

Созданное поперечное сечение нужно добавить в библиотеку, т.к. выбор сечения стержней осуществляется из библиотек сечений. После выбора команды **Библиотека | Добавить в библиотеку...** на экране появляется соответствующее диалоговое окно (рис. 4.7). Нажав на этом окне кнопку *Загрузить библиотеку...*, выбираем из открывшегося списка ту библиотеку, в которую необходимо добавить созданное сечение (тем самым указываем путь к ней) — в нашем случае это библиотека *deflib.slb* (файлы библиотек *APM WinMachine* имеют расширение *.slb). Прежде чем загружать в новую пользовательскую библиотеку сечение, библиотека должна быть создана.

Записываем в поле «Имя сечения» название сечения, под которым оно будет добавлено в выбранную библиотеку. После нажатия кнопки **ОК** программа начинает расчет геометрических параметров сечения, по окончании которого данное сечение будет добавлено в соответствующую библиотеку. Пользователь также может получить краткую информацию о библиотеке, нажав кнопку *Информация о библиотеке* (рис. 4.8).

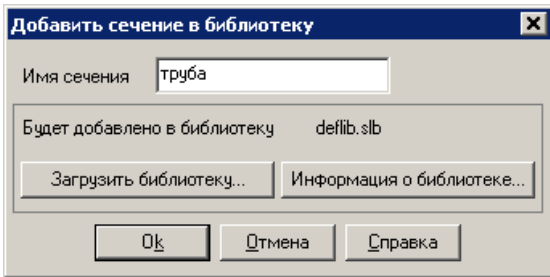


Рис. 4.7 Диалоговое окно Добавить сечение в библиотеку.

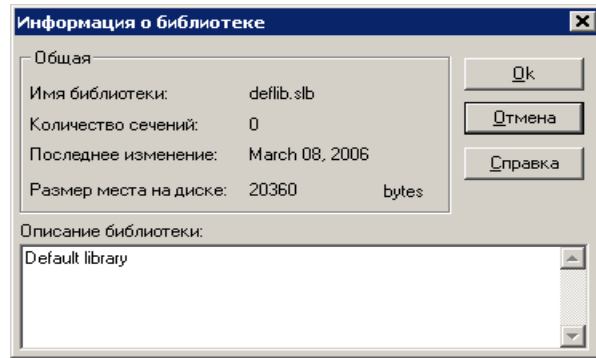


Рис. 4.8 Информация о библиотеке.

В процессе расчета геометрических параметров нового сечения в него «вписываются» конечные элементы треугольной формы. По умолчанию используется равномерная сетка разбиения, а количество конечных элементов приблизительно равно 3200.

Пользователь может изменить заданные по умолчанию параметры разбиения поперечного сечения, выбрав команду меню **Библиотека | Параметры разбиения**. Это приведет к открытию окна *Параметры разбиения* (рис. 4.9), в поля ввода которого следует записать соответствующие значения.

Необходимость изменять параметры разбиения может возникнуть если, например, поперечное сечение стержня имеет элементы, размеры которых соизмеримы с размерами конечного элемента. В этом случае использование равномерной сетки разбиения приведет к заметным ошибкам, поэтому предпочтительно использовать неравномерную сетку, обеспечивающую более точное вписывание конечных элементов в сложное поперечное сечение.

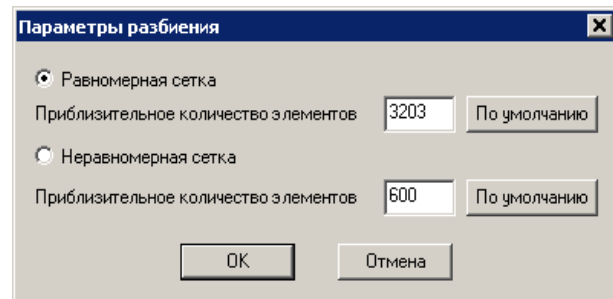


Рис. 4.9 Параметры разбиения.

В большинстве случаев параметры разбиения, заданные по умолчанию, соответствуют решаемой задаче и не требуют корректировки.

Получение сечения из библиотеки

Для загрузки сечения из библиотеки выберите команду **Библиотека | Получить из библиотеки**. На экране появится окно диалога *Библиотека* (рис. 4.10). С помощью этого диалога вы можете загрузить сечение, создать новую библиотеку, удалить сечение из библиотеки, а также сделать обмен сечениями между библиотеками.

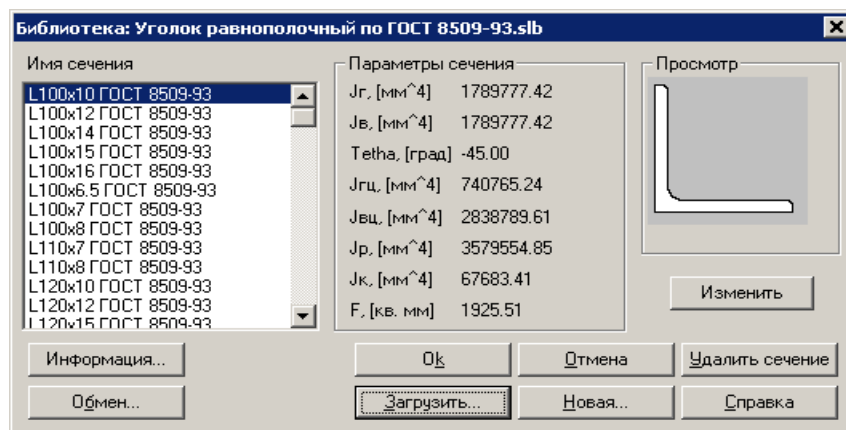


Рис. 4.10 Диалоговое окно Библиотека.

Чтобы получить сечение из библиотеки, сначала нужно загрузить библиотеку, нажав кнопку *Загрузить*. Далее необходимо выбрать сечение из списка и нажать кнопку *Ok*. Параметры сечения отображаются в центре диалога, а его вид – справа в области просмотра. Для удаления сечения из библиотеки нажмите кнопку *Удалить*.

Необходимые геометрические параметры сечения вычисляются автоматически при добавлении сечения в библиотеку и при необходимости могут быть отредактированы. Для изменения геометрических параметров сечения можно воспользоваться кнопкой *Изменить*. Задание этих параметров вручную (рис. 4.11) дает возможность создавать сечения с требуемыми характеристиками, не задавая их геометрии (численное описание сечения).

Для редактирования сечения находящегося в библиотеке сечений выберите пункт меню **Получить из библиотеки**. На экране появится окно диалога *Библиотека*. Для выбранного сечения нажмите кнопку *Изменить*. В появившемся окне диалога задайте требуемые параметры

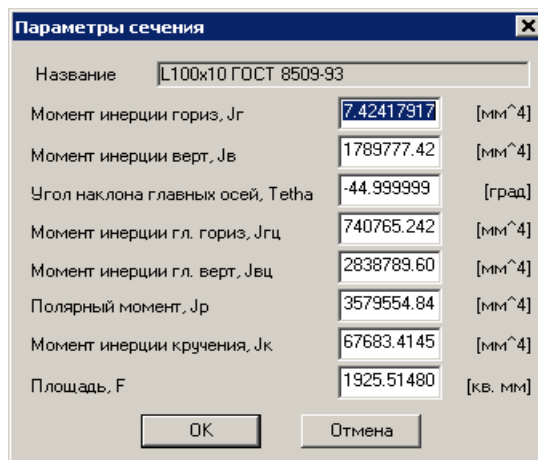


Рис. 4.11 Диалоговое окно *Параметры сечения*.

Пользователь также может получить краткую информацию о библиотеке, нажав кнопку *Информация*....

Обмен между библиотеками

Для вызова диалогового окна обмена сечениями между библиотеками (рис. 4.12) нажмите кнопку *Обмен*.

Кнопка *Загрузить...* позволяет загрузить библиотеку в соответствующую часть окна (левую или правую).

Кнопка *>>* копирует выделенные сечения из левой библиотеки в правую. Кнопка *<<* копирует выделенные сечения из правой библиотеки в левую.

Кнопка *Все >>* копирует все сечения из левой библиотеки в правую. Кнопка *<< Все* копирует все сечения из правой библиотеки в левую.

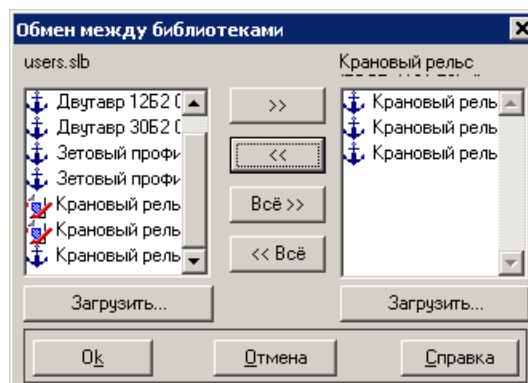




Рис. 4.12 Диалоговое окно *Обмен*.

Значок  означает, что сечение принадлежит данной библиотеке.

Значок  означает, что сечение вставлено из другой библиотеки.

Создание новой библиотеки сечений

Создать библиотеку можно несколькими командами.

1. Из меню с помощью команды **Создать новую**.

При выполнении этой команды на экране появится окно диалога *Новая библиотека* показанное ниже.

С помощью кнопки **Путь** устанавливается путь к файлу библиотеки. При этом в поле ввода *Сохранить в файле* появится имя файла библиотеки. В поле *Описание библиотеки* вы можете ввести дополнительную информацию о библиотеке.

Рекомендуется объединять в библиотеку сечения одного типа. Тип сечения библиотеки можно выбрать из выпадающего списка (рис. 4.13).

2. Выбрав кнопку *Новая* в диалоге *Библиотека*, показанном на рисунке 4.10.

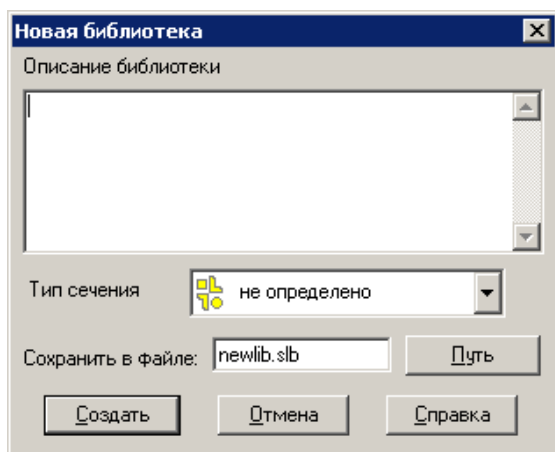


Рис. 4.13 Диалоговое окно Новая библиотека.

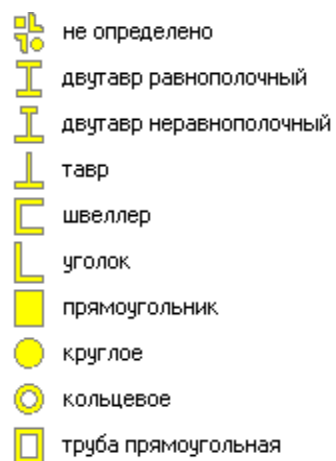


Рис. 4.14 Типы сечений.

Глава 5. Редактор функций

Общие сведения

Редактор функций APM_FNED предназначен для задания закона движения в виде кусочно-непрерывной функции в безразмерном виде. Диапазон изменения амплитуды составляет от -1 до 1 . Амплитуда задается в диалоговом окне «Закон движения». Редактор позволяет как графическое, так и аналитическое задание функции. В данной главе представлен справочник команд редактора функций, методику графического и аналитического задания фрагментов функции.

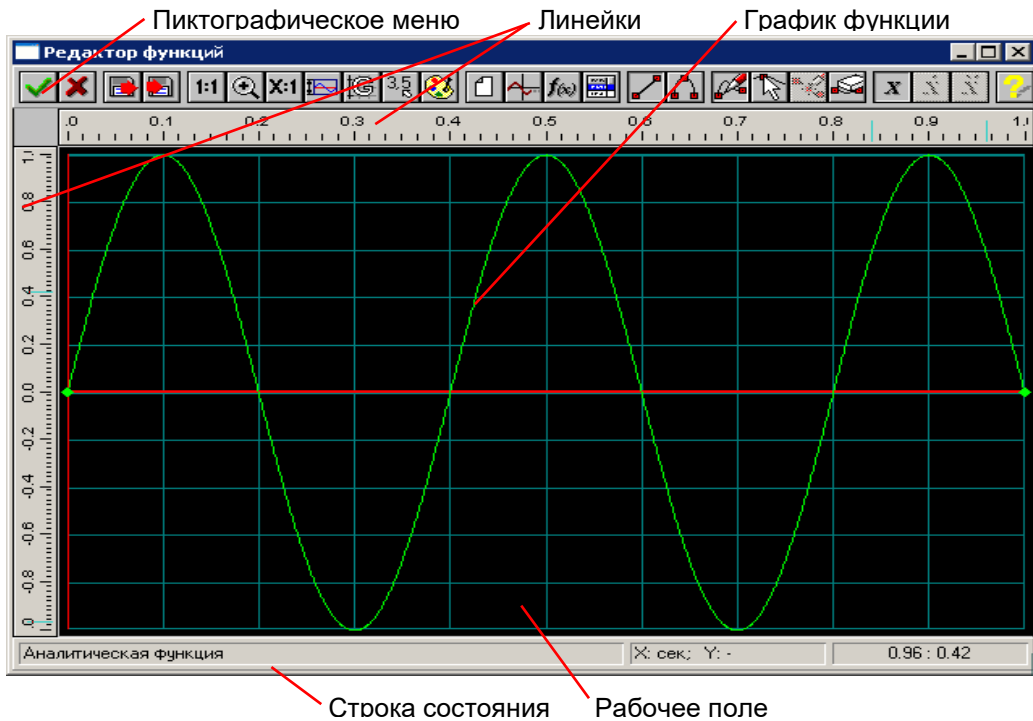


Рис. 5.1 Общий вид редактора функций.

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. 5.1).

Таблица 5.1 – Команды редактора функций

Название команды	Описание команды
Ок	Завершение редактирования функции и возврат в программу <i>APM Dynamics</i> , с сохранением всех изменений.
Отмена	Выход в программу <i>APM Dynamics</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 закона движения.
	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: **X:1 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 **X:1 Масштаб** вызывает диалоговое окно (Рис. 5.2), 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. 5.3), в котором Вы можете задать горизонтальные (по X) и вертикальные (по Y) пределы для графика.

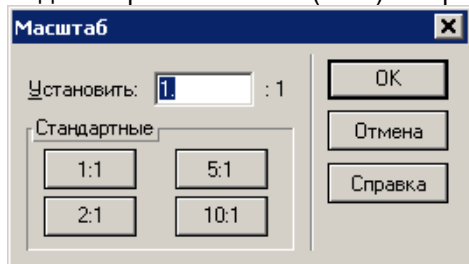


Рис. 5.2 Диалоговое окно Масштаб.

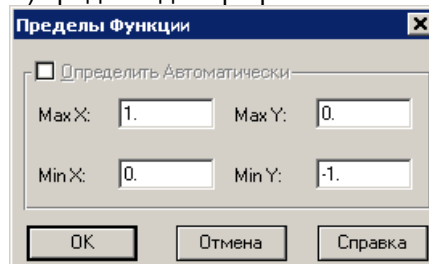



Рис. 5.3 Диалоговое окно Пределы.

Сетка

Для лучшего визуального контроля при задании графика функции в поле редактора может выводиться вспомогательная прямоугольная сетка. Команда  **Сетка** вызывает диалоговое окно (Рис. 5.4), в котором Вы можете задать шаг сетки по X и по Y, а также тип сетки.

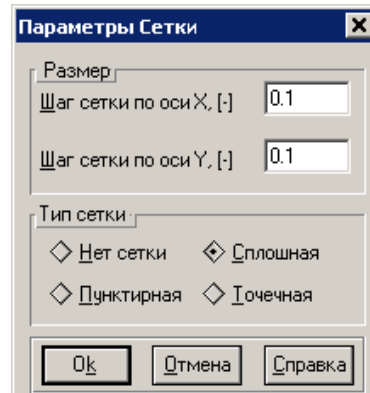



Рис. 5.4 Диалоговое окно Параметры Сетки.

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

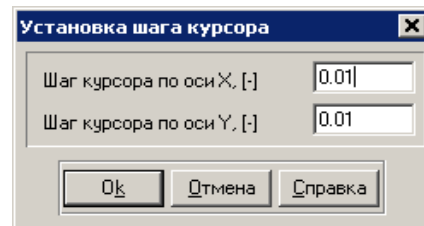



Рис. 5.5 Диалоговое окно Шаг курсора.

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. 5.6) 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».

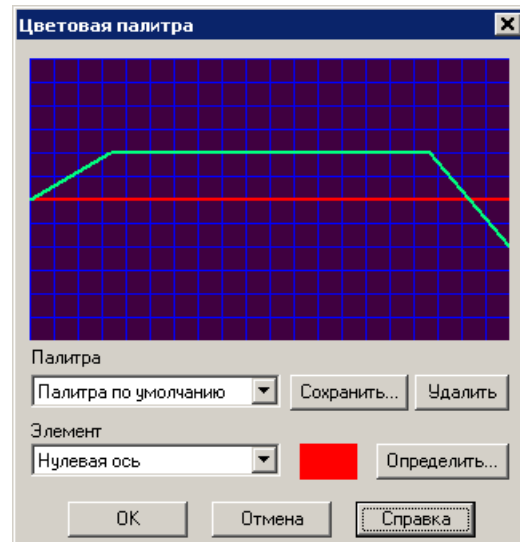


Рис. 5.6 Диалоговое окно Цветовая палитра.

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

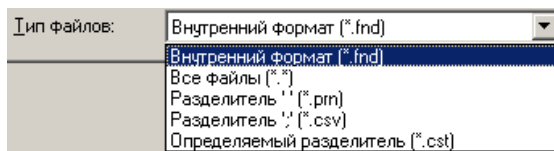



Рис. 5.7 Форматы загрузки данных.

Задание графика функцией $Y = f(X)$

Кнопка  **Аналитическое задание функции** вызывает диалоговое окно (Рис. 5.8), 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. 5.9). 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.

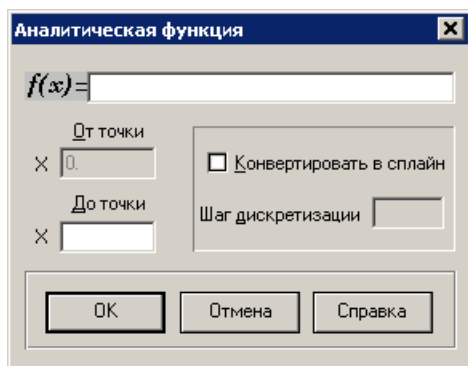


Рис. 5.8 Диалоговое окно Аналитическая функция.

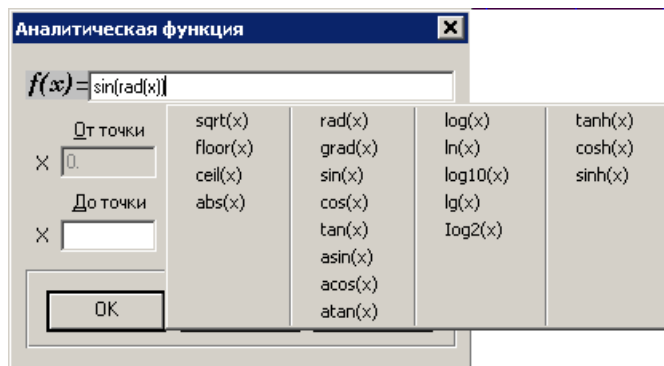


Рис. 5.9 Контекстное меню стандартных функций.

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

Другие функции:

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

Функции преобразования:

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.

- $\text{rad}(x)$ – 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:

- $f(x) = x^2 + 6.56x - 3.11$ (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. 5.10). 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*.

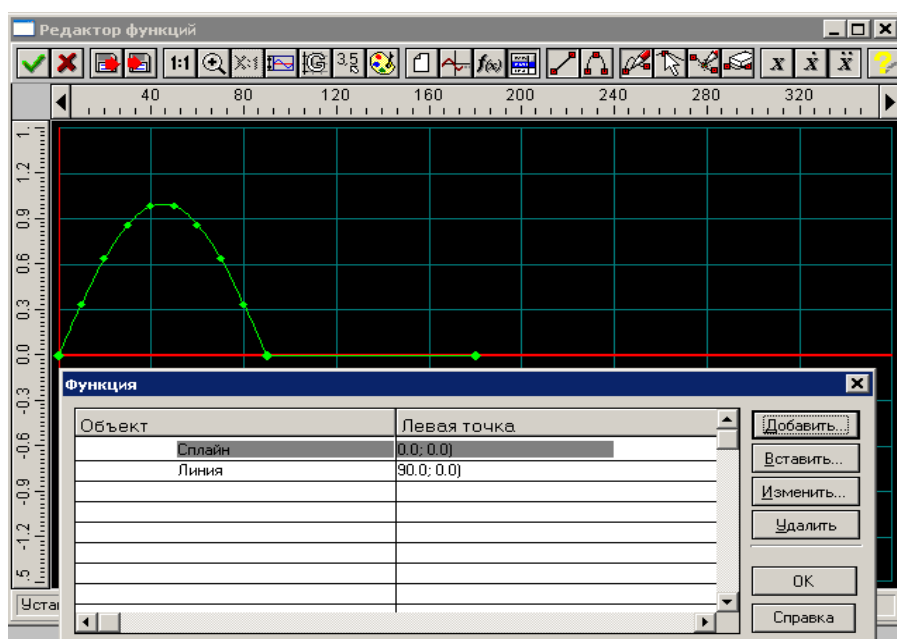


Рис. 5.10 Окно Функция.

Кнопка **Добавить...** в диалоговом окне *Функция* позволяет добавить новый объект в КОНЕЦ 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. 5.11) 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. 5.12). 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. 5.10).

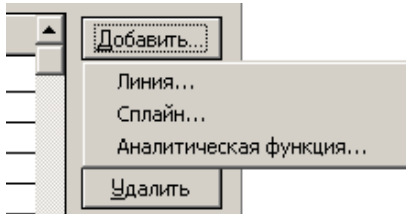


Рис. 5.11 Контекстное меню *Добавить...*

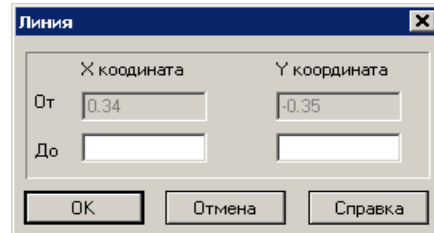


Рис. 5.12 Диалоговое окно *Линия*.

При **добавлении сплайна** открывается соответствующее диалоговое окно (Рис. 5.13). 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. 5.14). 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. 5.13, 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*.

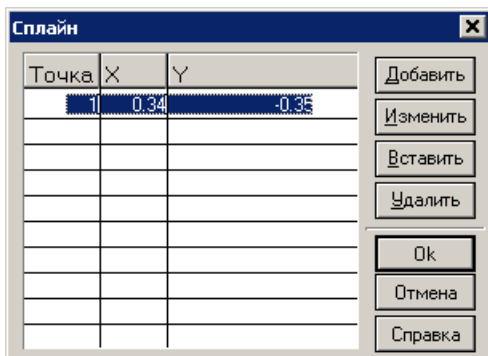


Рис. 5.13 Диалоговое окно *Сплайн*.

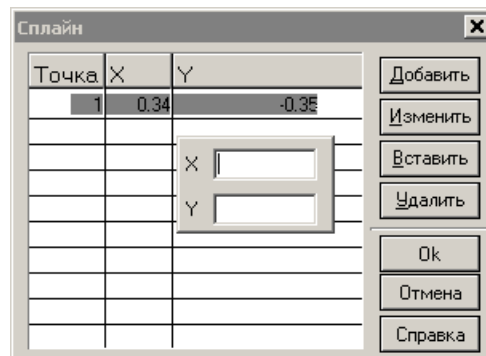


Рис. 5.14 Ввод координат новой точки сплайна.

Добавление аналитической функции осуществляется при выборе соответствующего пункта из контекстного меню (Рис. 5.11) 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.

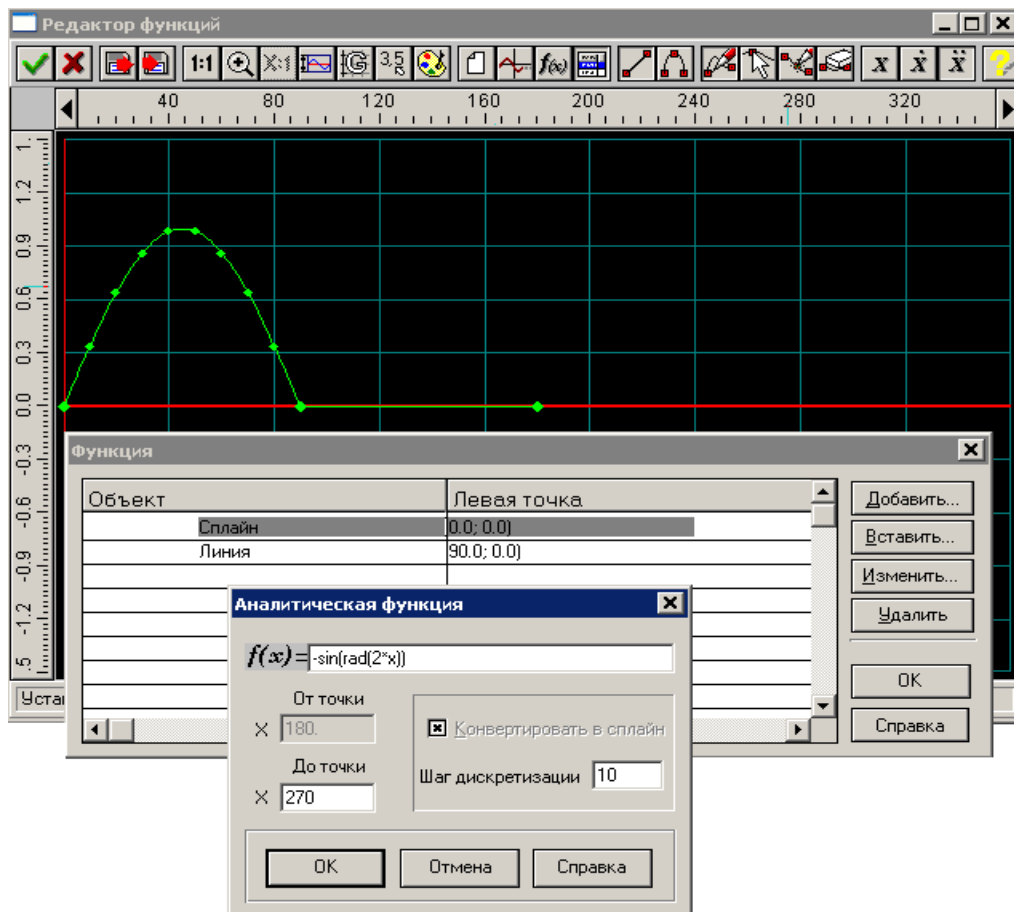





Рис. 5.15 Преобразование аналитической функции в сплайн.

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. 5.16а). 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. 5.16б).

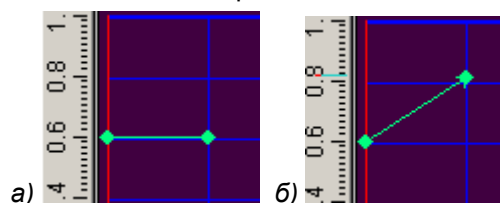



Рис. 5.16 Ввод начальной точки.

- 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 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 редактирования 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. 5.9) 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 и точность аналитического.

Если при графическом задании функции нажатием кнопки  **Таблица** вызвать диалоговое окно *Функция* (Рис. 5.10), 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. 5.17).

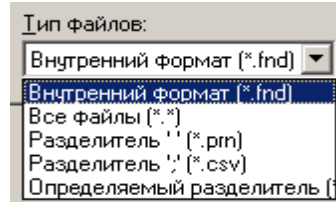


Рис. 5.17 Форматы сохранения данных.