

APM Shaft

Руководство Пользователя

APM Shaft

Система расчета и проектирования валов и осей

Версия 3.1

Руководство Пользователя

Научно-технический центр "Автоматизированное Проектирование Машин",
141070 Московская область, г. Королёв – Центр, а/я 58

E-mail: com@apm.ru

Авторские права © 1989—2001 Научно-технический центр "Автоматизированное Проектирование Машин". Все программные продукты АПМ являются товарными знаками и зарегистрированными товарными знаками НТЦ «АПМ».

Отпечатано в России (Издательство АПМ).

Введение

APM Shaft - что это такое?

APM Shaft представляет собой программу для расчета и проектирования валов и осей, разработанную в НТЦ "Автоматизированное Проектирование Машин".

С помощью **APM Shaft** можно рассчитать следующие параметры:

- реакции в опорах валов;
- распределение моментов и углов изгиба;
- распределение моментов и углов кручения;
- распределение деформаций;
- распределение напряжений;
- распределение коэффициента запаса усталостной прочности;
- распределение поперечных сил;
- собственные частоты и собственные формы вала.

Требования к компьютеру и системному программному обеспечению

Модуль **APM Shaft** предназначен для персональных компьютеров типа IBM PC AT с процессором не ниже Pentium. Компьютер должен иметь оперативную память размером не менее 32 МБ. Программа работает в среде операционной системы Microsoft Windows 95 или более поздней.

Содержание этой книги

Во **Введении** (настоящий раздел) приводятся общие сведения о назначении модуля **APM Shaft**. Вы узнаете, как установить **APM Shaft** на Ваш компьютер, какие требования модуль предъявляет к конфигурации компьютера и системному программному обеспечению.

Глава 1 «Задачи, исходные данные и результаты» содержит описание задач, которые могут быть решены с помощью **APM Shaft**.

В Главе 2 «Редактор валов» рассмотрен специализированный графический редактор, входящий в состав **APM Shaft**, который позволяет быстро задать геометрию вала, ввести действующие на него нагрузки и разместить опоры.

В Главе 3 «Справочник команд» приводится полное описание всех команд меню **APM Shaft**.

Шрифты, используемые в этой книге

Для того чтобы облегчить восприятие книги, мы использовали следующий набор шрифтов:

<code>a:\setup</code>	Этот шрифт представляет текст в том виде, в котором он появляется на экране компьютера, а также текст, который пользователь должен ввести с помощью клавиатуры
<code>SETUP.EXE</code>	Выделение заглавными буквами используется для имен файлов и названий клавиш
Help	Жирный шрифт применяется для обозначения команд APM Shaft
<i>Results</i>	Курсив используется для названий диалоговых окон и их элементов

Адрес и телефоны:

Контактный телефон **НТЦ АПМ** в Москве: **(095) 513-13-93**

По этому же номеру Вы можете послать нам факс.

Почтовый адрес:

141070, Московская область,

г. Королёв – Центр, а/я 58

Научно-технический центр

"Автоматизированное проектирование машин"

E-mail: com@apm.ru

Глава 1

Задачи, исходные данные и результаты

Назначение и классификация валов

Валы и оси служат для установки вращающихся деталей машин, таких как зубчатые колеса, шкивы, звездочки и т.п. *Вал* предназначен для поддержания расположенных на нем деталей и для передачи вращающего момента. При работе вал испытывает изгиб и кручение, а в отдельных случаях дополнительно растяжение и сжатие. *Ось* предназначена только для поддержания расположенных на ней деталей. В отличие от вала ось не передает вращающего момента и, следовательно, не испытывает кручения. Оси могут быть неподвижными или вращаться вместе с присоединенными к ним деталями.

Расчет валов

Критерии, используемые при расчете валов

В процессе работы валы испытывают значительные нагрузки, поэтому при определении оптимальных геометрических размеров валов необходимо выполнить комплекс расчетов, включающий в себя определение:

- статической прочности;
- усталостной прочности;
- жесткости при изгибе и кручении.

При высоких скоростях вращения необходимо определять частоты собственных колебаний вала для того, чтобы предотвратить попадание в резонансные зоны.

Длинные валы проверяют на устойчивость.

Расчет статической прочности

Этот расчет является проверочным. С его помощью для вала заданной формы вычисляются значения коэффициентов запаса. Как правило, форма и геометрические размеры вала определяются из конструктивных соображений. Расчет должен подтвердить или опровергнуть предложенную конструктором конфигурацию вала с точки зрения статической прочности. Заметим, что статическая прочность не является единственным критерием проверки правильности конструкции вала. Окончательный вывод может быть сделан только в результате проверки всех критериев (см. выше).

При расчете статической прочности вал рассматривается как круглая балка переменного сечения. Валы изготавливаются из стали, механические характеристики которой определяют величину запаса прочности при заданном нагружении вала. Таким образом, цель расчета вала может быть сформулирована как определение таких значений механических характеристик материала вала, которые обеспечивают заданные значения коэффициентов запаса прочности при заданном нагружении вала.

Если в каждом сечении вала напряжения одинаковы по величине, то такой вал называется *равнопрочным*. В силу ряда причин спроектировать равнопрочный вал на практике невозможно, но чем ближе фактические напряжения к напряжениям, имеющим место для равнопрочного вала, тем лучше будет использоваться материал проектируемого вала.

При расчете статической прочности в качестве исходных данных, помимо геометрических характеристик, должны быть заданы действующие на вал нагрузки, такие как:

- сосредоточенные и распределенные радиальные силы;
- осевые силы;
- изгибающие моменты;
- моменты кручения.

Необходимо также указать условия закрепления вала, задав конечное число опор, причем количество опор не должно превышать пятидесяти.

При вводе моментов кручения следует следить за тем, чтобы соблюдалось условие равновесия по кручению. Если это условие не выполняется, система проигнорирует введенные моменты кручения.

Расчет статической прочности включает в себя определение моментов изгиба и кручения в выбранных сечениях вала, а также расчет напряжений изгиба и кручения. Прочность вала оценивается величиной эквивалентных напряжений, рассчитанных исходя из гипотезы максимальных касательных напряжений. В случае статически неопределимых валов расчет реакций опор выполняется методом сил.

Результаты расчета моментов изгиба представляются в виде эпюр, построенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Крутящие моменты и результаты расчета эквивалентных напряжений представляются в виде графика их изменения по длине вала. Статическая прочность считается достаточной, если коэффициент запаса составляет 1,3—1,5 и более. Под коэффициентом запаса понимается отношение предела текучести материала вала к величине эквивалентного напряжения в наиболее нагруженной точке. В качестве дополнительных параметров вычисляются величины реакций опор, которые необходимы для расчета сопряженных с валом деталей.

Расчет вала на сопротивление усталости

Вращение вала приводит к возникновению переменных по времени напряжений. В случае изменений приложенной к валу внешней нагрузки неравномерность напряжений еще более возрастает. Переменный характер напряжений приводит к появлению усталостных трещин, которые могут стать причиной разрушения. Разрушение начинается в наиболее напряженных точках вала.

Большую роль в возникновении и развитии разрушений играют местные напряжения. Эти напряжения появляются в местах размещения канавок, галтелей, шлицевых соединений, шпонок, резьб и т.п.

Расчет усталостной прочности производится исходя из номинальных напряжений изгиба и кручения, с учетом местных напряжений, действующих в рассматриваемой точке вала. Влияние местных напряжений учитывается введением коэффициентов концентрации напряжений; значения этих коэффициентов зависят от типа концентратора.

Результаты расчета усталостной прочности представляются в виде графика изменения коэффициента запаса усталостной прочности по длине вала. Под коэффициентом запаса понимается запас длительной прочности. Так как точность расчета этого коэффициента существенно ниже, чем точность определения статической прочности, минимально допустимое значение коэффициента запаса не должно быть меньше 2,5.

В модуле предусмотрен также механизм учета переменности внешних силовых факторов, при котором переменный режим нагружения приводится к эквивалентному постоянному режиму.

Расчет жесткости

В некоторых случаях важным критерием, обуславливающим пригодность предложенной конструкции вала, является его *жесткость*. Напомним, что под жесткостью понимается нагрузка, вызывающая единичную деформацию (в принятой системе единиц измерения).

Расчет жесткости в модуле **APM Shaft** включает в себя определение деформаций, возникающих под действием приложенной нагрузки. Для расчета деформаций используется метод интеграла Мора. В соответствии с характером нагрузки жесткость вала делится на *изгибную* и *крутильную*; в **APM Shaft** Вы можете рассчитать оба этих типа. Результаты расчета выводятся в виде графика изменения жесткости вдоль оси вала.

В некоторых случаях бывает необходимо определить углы поворота поперечных сечений вала и параметров кручения, полученных дифференцированием кривой деформаций; **APM Shaft** позволяет провести такие расчеты. Условие жесткости считается выполненным, если фактические деформации и углы наклона рассматриваемых сечений не превышают максимально допустимых значений. Величины допустимых значений зависят от назначения проектируемого оборудования и требуемой точности.

Расчет динамических характеристик вала

При расчете быстроходных или нежестких валов возникает задача определения собственных частот изгибных и крутильных колебаний.

APM Shaft позволяет рассчитать как абсолютные значения собственных частот, так и их собственные формы.

В основу определения собственных частот в **APM Shaft** положен метод начальных параметров. При расчете изгибных колебаний учитывается как собственная масса вала, так и инерция поворота сечения вала.

При расчете учитываются внешние массы, к которым относятся массы и осевые моменты инерции. При расчете крутильных колебаний предполагается, что моменты инерции описывают тела вращения (для которых осевой момент инерции в два раза меньше, чем полярный).

Модуль **APM Shaft** позволяет рассчитать вал при различных граничных условиях и различных типах опор.

Рассматриваются опоры следующих видов:

- жесткая безмоментная опора (смещение оси вала и реактивный момент равны нулю);

- упругая опора (смещение оси вала пропорционально реакции в опоре).

Из параметров материалов системе требуются:

- плотность материала;
- модуль упругости;
- коэффициент Пуассона.

Глава 2

Редактор валов

Редактор валов, входящий в состав модуля **APM Shaft**, представляет собой специализированный графический редактор, предназначенный для задания геометрии валов и осей. Редактор дает в распоряжение пользователя гибкие и удобные средства для:

- задания конструкции вала;
- ввода нагрузок, действующих на вал;
- размещения опор, на которых установлен вал.

Основное отличие редактора валов модуля **APM Shaft** от традиционных графических редакторов состоит в наборе примитивов, с которыми он оперирует. Набор примитивов в **APM Shaft** включает в себя основные элементы конструкции вала (цилиндрические и конические сегменты, фаски, галтели, канавки, отверстия, участки с резьбой, шпонки и шлицевые соединения), а также условные обозначения для действующих на вал нагрузок и опор, на которых он установлен. Это значительно упрощает ввод геометрии вала и других данных, необходимых для выполнения расчетов.

Компоненты редактора валов

Внешний вид редактора валов APM Shaft показан на рис... Его основными элементами являются инструментальная панель, информационная панель, линейки и рабочее поле (окно редактирования).

Рабочее поле

Рабочее поле является главным компонентом редактора валов. В нем отображается вал и выполняются операции по его формированию и изменению.

Линейки

Редактор включает в себя две линейки—вертикальную и горизонтальную. На линейках показаны шкалы, которые зависят от текущего масштаба изображения и от того какая часть вала показывается в данный момент в рабочем поле.

Информационная панель

Информационная панель используется для вывода текущих значений параметров в процессе рисования вала. Набор отображаемых параметров зависит от того с каким элементом Вы работаете. Так, например, при рисовании цилиндрического участка вала на информационной панели показываются координаты курсора, а также текущие значения длины и диаметра цилиндрической секции.

Инструментальная панель

Инструментальная панель содержит кнопки для вызова основных команд редактора. Для вызова нужной команды просто щелкните левой кнопкой мыши на соответствующей кнопке. Полное описание команд инструментальной панели приведено в главе 3.

Полосы прокрутки и панорамирование вала

Вал с которым работает пользователь может не помещаться целиком в рабочем поле. Полосы прокрутки позволяют “перемещать” вал относительно рабочего поля редактора.

Увеличение размеров рабочего поля

Пользователь может увеличить размеры рабочего поля за счет удаления с экрана линеек, инструментальной и информационной панелей. Для этого используются команды **Линейки**, **Инструменты**, **Статус** всплывающего меню **Вид**. В любой момент каждый из этих элементов можно снова вернуть на экран.

Масштаб изображения

Для изменения масштаба изображения служит команда **Установки | Масштаб**. В диалоговом окне показанном на рис . Вы можете ввести нужный масштаб в поле **Масштаб** или выбрать один из стандартных масштабов (1 : 2, 1 : 5, 1 : 10 и т.д.).

Палитры редактора

Палитрой называется совокупность цветов, используемых для рисования компонентов вала, нагрузок и опор, а также цвета фона и цвета линий вспомогательной сетки. В распоряжении пользователя имеется четыре палитры (“серая”, “белая”, “черная” и “принтерная”). Для выбора палитры используется команда **Установки | Палитра**.

Вспомогательная сетка

Для лучшего визуального контроля при рисовании вала в поле редактора может выводиться вспомогательная прямоугольная сетка. С помощью команды **Установки | Сетка** пользователь может выбрать шаг сетки и тип линий сетки.

Шаг курсора

При работе с редактором имеется возможность регулировать точность задания координат и размеров. По умолчанию используется точность равная 1 мм. Это значит, что все размеры элементов вала и все координаты будут округляться до миллиметров. Вы можете ввести другое значение с помощью команды **Установки | Шаг Курсора**.

Общие принципы работы с редактором

Выбор режима

Для того, чтобы нарисовать вал нужно последовательно задать элементы его конструкции; для проведения расчетов, нужно также ввести нагрузки и разместить опоры. **Чтобы нарисовать или отредактировать какой либо элемент вала, нужно переключить редактор в режим рисования этого элемента.** Для этого нужно выбрать либо соответствующую кнопку на инструментальной панели, либо команду в меню. Показателем текущего режима является форма курсора в рабочем поле—она соответствует объектам, с которыми в данный момент работает редактор.

Рисование

Непосредственно рисование вала и ввод нагрузок и опор в системе АПМ Shaft производится с помощью мыши. В процессе рисования курсором мыши Вы указываете точку или участок где нужно поместить очередной элемент; после этого параметры элемента могут быть уточнены в диалоговом окне.

По особенностям задания примитивы редактора валов можно условно разделить на две группы - “точечные” и “протяженные”.

К “точечным” элементам относятся те, для размещения которых нужно указать либо только осевую координату (пример—сосредоточенные силы, опоры), либо участок (например, для размещения галтели нужно указать зону контакта цилиндров, для задания фаски—край цилиндра). Для задания этих элементов нужно поместить курсор в нужную точку или в нужную зону и щелкнуть **левой** кнопкой мыши. На экране

появляется диалоговое окно, в котором вводятся характеристики элементов (например, величина силы или радиус галтели).

К числу “протяженных” относятся цилиндрические и конические секции вала, участки с резьбой, отверстия, шпоночные и шлицевые соединения, распределенные силы. При вводе этих примитивов обычно нужно задать габариты соответствующего элемента, например, начальную и конечную точки цилиндрического участка и его диаметр. Последовательность действий в этом случае следующая. Сначала нужно поместить курсор в ту точку где начинается элемент и нажать левую кнопку мыши. Затем, удерживая кнопку, переместить курсор в ту точку где элемент кончается и отпустить кнопку. В процессе перемещения курсора при нажатой кнопке мыши на экране рисуется текущая форма (или текущие габариты) элемента, а в информационном окне выводятся текущие значения основных параметров. После того, как пользователь отпустит кнопку на экране может появляться диалоговое окно для уточнения значений параметров.

Элементы вала можно также разделить на “первичные” и “вторичные”. К первичным относятся цилиндрические и конические участки вала. Все остальные элементы являются вторичными—они могут быть введены только после того как Вы задали первичные элементы и только в их границах (т.е., например, Вы не сможете ввести нагрузку при отсутствии вала или приложить ее за его границами).

Рекомендуется следующая последовательность рисования вала:

- 1.нарисовать цилиндрические и конические участки вала
- 2.задать переходные элементы (фаски, галтели, канавки)
- 3.задать отверстия, участки с резьбой, шлицевые и шпоночные соединения
- 4.ввести приложенные к валу нагрузки и разместить опоры

Редактирование

Редактирование в системе АПМ Shaft включает в себя изменение параметров элементов вала, а также их удаление. **При редактировании нужно преключить редактор в режим рисования элементов того типа, который Вы хотите редактировать.** Затем необходимо указать объект который вы хотите удалить или изменить. Для этого нужно поместить курсор на объект и нажать **правую** кнопку мыши. (Точность указания объекта курсором должна быть достаточной, чтобы программа могла определить какой объект Вы хотите редактировать; не обязательно помещать курсор непосредственно на объект, достаточно, чтобы он был ближайшим среди объектов данного типа). На экране появляется диалоговое окно, содержащее параметры объекта и кнопку **Удалить**. Пользователь может ввести новые значения параметров или удалить объект.

Диагностика

В процессе работы система пытается отследить ошибочные действия пользователя. Например, она не позволит Вам разместить нагрузки или опоры за пределами вала; Вы не сможете ввести отверстие диаметр которого больше диаметра вала и т.п.. Тем не менее предусмотреть все виды возможных ошибок трудно, поэтому пользователь должен контролировать вал который он рисует.

Следует быть внимательным при редактировании (изменении) конструкции вала. Поясним это на примере. Допустим у Вас есть цилиндрический сегмент вала длиной 100 мм на котором имеется участок с резьбой длиной 90мм. Вы решили уменьшить длину сегмента до 50 мм, но не уменьшили длину участка с резьбой. В результате участок с резьбой перейдет на следующий сегмент (который может иметь другой диаметр) или даже выйдет за пределы вала.

Элементы конструкции вала

Используя графический редактор можно задать следующие элементы вала:

- цилиндрические участки
- конические участки
- фаски
- галтели
- канавки
- отверстия

- участки с резьбой
- шпонки
- шлицевые соединения

Рисование цилиндрической секции

Для рисования цилиндрической секции выберите команду **Рисовать | Цилиндр** или кнопку "**Цилиндр**" в инструментальной панели.

Рисование цилиндрической секции может осуществляться в трех режимах (Рис.2.1):

- добавление секции слева
- добавление секции справа
- вставка секции

Выбор режима определяется выбором начального положения курсора (имеется в виду положение курсора в тот момент когда Вы нажимаете левую кнопку мыши). Если ближайшим к курсору в начальный момент рисования будет левый край вала, новая секция будет добавлена к валу слева, если правый - то справа. Если ближайшей является граница между двумя существующими секциями внутри вала то новая секция будет вставлена между ними (см. рис. 2.1).

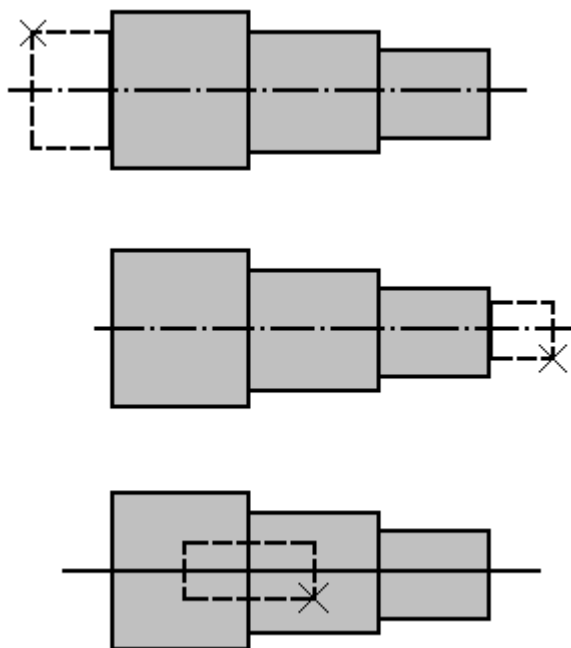


Рис.2.1 Добавление новых секций к валу. а) добавление секции к правому краю вала, б) добавление секции к левому краю вала, в) вставка секции внутри вала. Крестиком показано начальное положение курсора. При перемещении курсора по горизонтали изменяется длина добавляемой секции, по вертикали - ее радиус.

Чтобы добавить новую секцию к левому концу вала поместите курсор слева от левого конца вала и нажмите левую клавишу мыши. Далее перемещая курсор задайте ширину и радиус секции. Текущие значения этих параметров отображаются в окне справочной информации. Форма новой секции показывается на экране цветом отличным от цвета уже введенных участков вала. Когда Вы отпустите кнопку мыши секция будет перерисована нормальным цветом.

Если первоначально курсор поместить на первую секцию (но ближе к ее левому краю) то новая секция будет добавлена также слева, при этом вал как бы сдвинется вправо, так что его левая граница останется на прежнем месте.

Таким же образом добавляется новая секция к правому концу вала—начальное положение курсора должно быть ближе к правому концу.

Если Вы хотите вставить новую секцию внутрь вала, поместите курсор на границу тех участков, между которыми Вы хотите вставить новую секцию, нажмите левую кнопку мыши и удерживая ее задайте размеры вставляемой секции.

Редактирование и удаление цилиндрических и конических секций

Чтобы отредактировать или удалить какой либо из элементов вала нужно сначала выбрать его. Для этого войдите в режим рисования этого элемента (с помощью команды меню или пиктографической кнопки) выберите нужный элемент подведя к нему курсор и нажав *правую* кнопку мыши. При этом на экране появится диалоговое окно. Оно содержит поля ввода, заполненные текущими значениями параметров редактируемого элемента и клавишу для удаления элемента.

Для редактирования цилиндрических и конических участков используется одно и тоже диалоговое окно (см.рис.2.2). В нем содержатся поля в которых Вы можете ввести новые значения длины секции, а также радиусов секции на ее левом и правом краю. Таким образом с помощью редактирования Вы можете цилиндрический участок сделать коническим и наоборот.

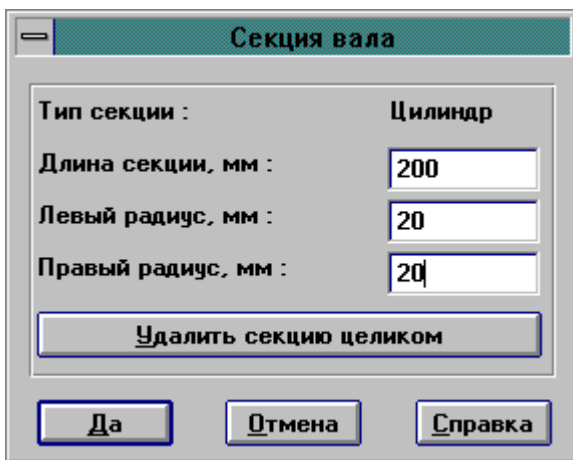


Рис.2.2 Диалоговое окно для редактирования параметров секции вала

Рисование конической секции

Конический участок в редакторе валов может быть задан тремя способами

- а) по начальному и конечному радиусам
- б) по начальному радиусу и значению конусности
- в) по начальному радиусу и углу между образующей конуса и осью вала.

Для выбора способа рисования нужно открыть всплывающее меню **Задать | Конус** и в нем выбрать в нем одну из команд **По Радиусам**, **По Конусности** или **По Углу**. Если Вы выберете один из двух последних способов, нужно ввести значения конусности или угла конуса. Для этого служат команды **Задать | Конус | Задать Конусность** и **Задать | Конус | Задать Угол**.

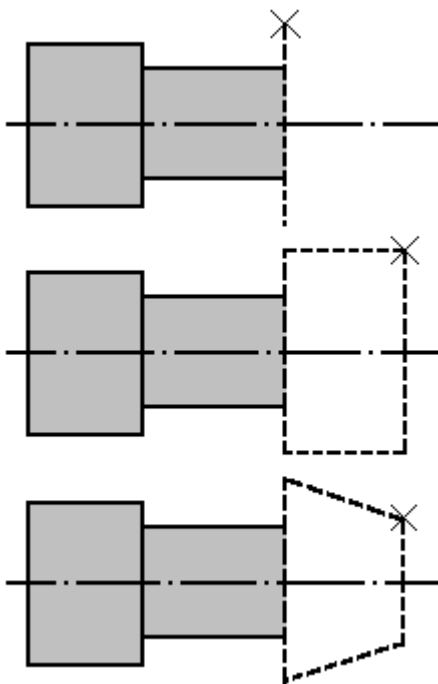


Рис.2.3 Последовательность рисования конуса по начальному и конечному радиусам. а) задание начального радиуса; б) задание длины конического участка; в) задание конечного радиуса. Крестиком показано положение курсора.

Собственно рисование конуса похоже на рисование цилиндра. Предположим, что Вы решили добавить конический участок к правому краю вала, задав его начальным и конечным радиусами (рис.2.3). Поместите курсор справа от вала и нажмите левую кнопку мыши. Удерживая кнопку нажатой, переместите курсор по горизонтали так, чтобы он расположился на правом краю вала (рис.2.3а). Теперь двигайте курсор по вертикали до тех пор пока левый радиус конуса не примет то значение которое Вам нужно (значение левого радиуса выводится в информационной панели). После этого перемещайте курсор по горизонтали до тех пор, пока длина секции не станет такой какой нужно (рис.2.3б). Далее снова перемещайте курсор по вертикали, чтобы установить величину правого радиуса конуса(рис.2.3в). Когда конус примет нужную форму, отпустите кнопку мыши. Если Вы хотите уточнить параметры конуса, щелкните на нем *правой* кнопкой мыши. На экране появится диалоговое окно, в котором можно ввести новые значения.

Если Вы рисуете конус по углу или по величине конусности, то после того как Вы задали начальный радиус, “резиновый” конус рисуется сразу с нужным углом (или с нужным значением конусности), так что пользователю необходимо только задать один из радиусов и длину конуса, второй радиус определится автоматически. В этой ситуации возможны два варианта—если при перемещении курсора последний будет находиться выше чем верхний край или ниже чем нижний край конуса, диаметр конуса будет увеличиваться (начальный радиус будет меньше конечного); в противном случае диаметр конуса будет уменьшаться.

Галтели

Галтель представляет собой переходный элемент, предназначенный для уменьшения концентрации напряжений в зоне контакта двух участков вала, имеющих различный диаметр (рис. 2.4).

Чтобы задать галтель выберите команду **Рисовать | Галтель** или пиктограмму “Галтель” в пиктографическом меню. Поместите курсор в ту часть вала где Вы хотите ввести галтель и нажмите левую клавишу мыши. На экране появится диалоговое окно в котором Вы должны ввести радиус галтели.

Редактирование и удаление. Подведите курсор к галтели которую Вы хотите удалить (изменить) и нажмите *правую* клавишу мыши. На экран будет выведено диалоговое окно с помощью которого Вы можете удалить галтель или ввести новое значение радиуса галтели.

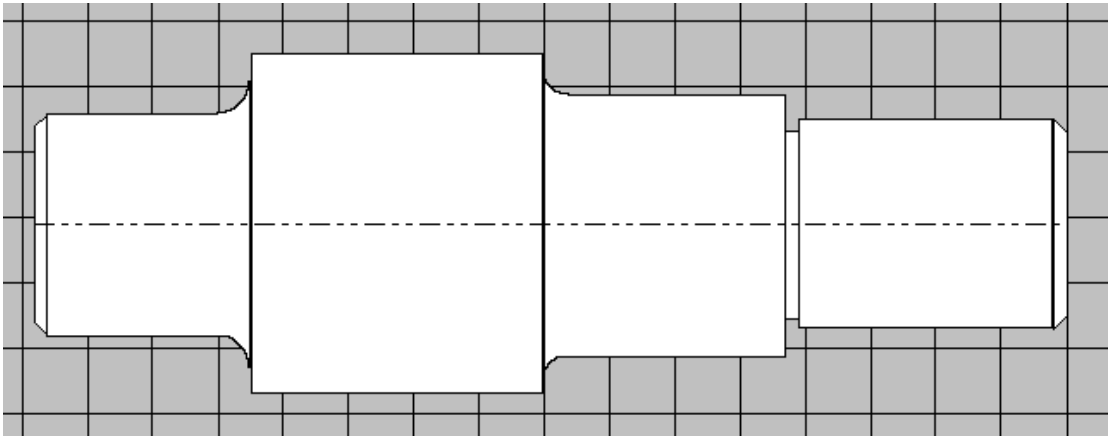


Рис. 2.4 Редактор АПМ Shaft. Фрагмент вала с фасками, галтелями и канавкой.

Фаски

Фаска представляет собой небольшую коническую расточку на краю цилиндрического участка вала (рис. 2.4).

Для рисования фаски выберите команду **Рисовать | Фаска** или кнопку "Фаска" на инструментальной панели. Подведите курсор к тому краю сегмента, на котором Вы хотите поместить фаску и нажмите левую кнопку мыши. На экране появляется диалог, в котором необходимо указать ширину фаски и угол между образующей фаски и осью вала. Введите нужные значения или используйте те, которые предлагаются по умолчанию.

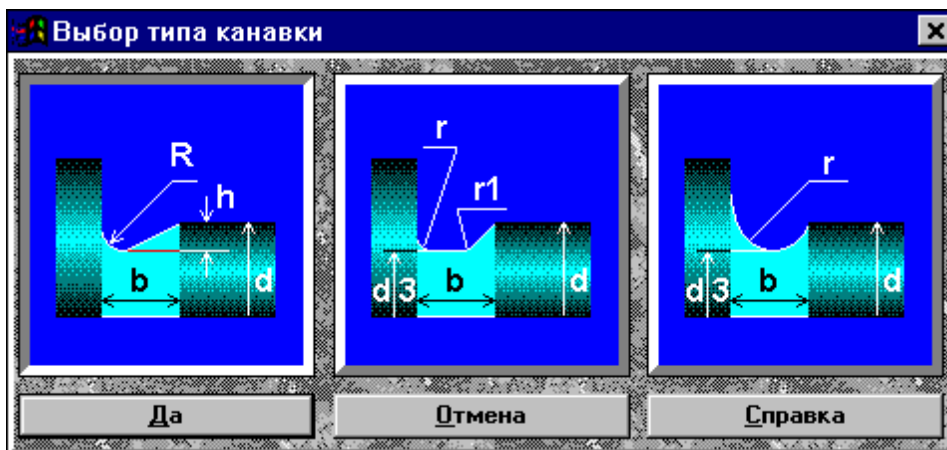


Рис. 2.5 Диалоговое окно для выбора типа канавки

Канавки

Программа **Shaft** позволяет задавать канавки трех типов (см рис. 2.5). Чтобы задать канавку выберите команду **Рисовать | Канавка** или соответствующую пиктограмму. Далее поместите курсор в то место где Вы хотите поместить канавку. На экране появится диалоговое окно (см. рис. 2.5) которое позволит Вам выбрать тип канавки. Вслед за ним будет показано окно (рис. 2.6), в котором Вы можете ввести параметры канавки. По умолчанию используются стандартные значения, которые зависят от диаметра вала.

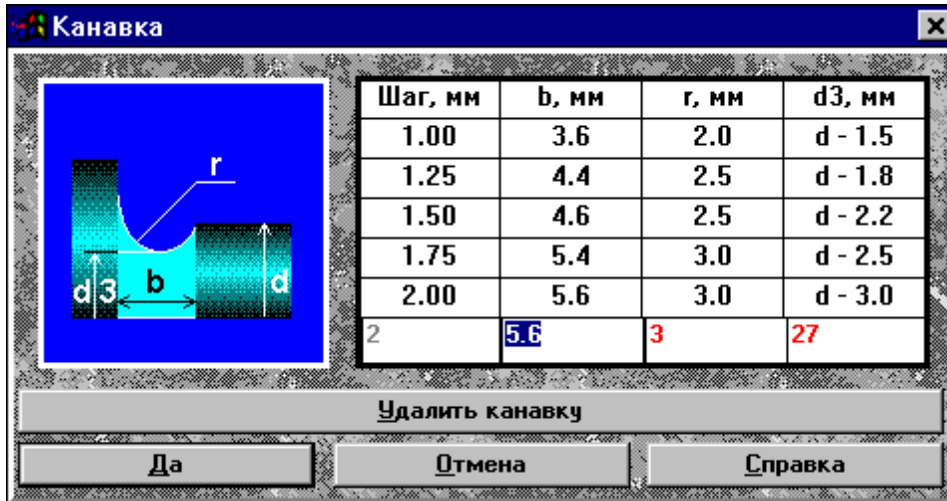


Рис. 2.6 Диалоговое окно для редактирования параметров канавки

Шпонки

Шпоночные соединения служат для передачи вращающего момента между валом и укрепленной на нем деталью, например ступицей зубчатого колеса. Конструктивно шпонка представляет собой стальной брусок, вставляемый в пазы вала и насаженной на него детали. В редакторе **АГМ Shaft** Вы можете нарисовать шпонки четырех типов—закругленные влево и вправо, закругленные с обеих сторон, а также прямоугольные.

Для рисования шпонки сначала выберите нужный вам тип в меню **Задать | Шпонка**. Затем поместите курсор в точку, соответствующую левой или правой границе шпонки и нажмите левую кнопку мыши. Удерживая кнопку переместите курсор в точку соответствующую другой границе шпонки соединения (при этом на экране будет изображен габаритный прямоугольник шпонки) и отпустите кнопку. На экране появится диалоговое окно, в котором пользователь может уточнить параметры шпонки. Следует иметь в виду, что шпонка, закругленная влево всегда начинается на правой границе сегмента, а шпонка закругленная вправо—на левой.

Шлицевые соединения

Шлицевые соединения, как и шпоночные служат для передачи вращающего момента между валом и насаженной на него деталью. При вводе шлицевого соединения нужно сначала выбрать его тип в меню **Задать | Шлицевое Соединение**—эвольвентный, прямобоочный или треугольный. Затем поместите курсор в точку, соответствующую левой или правой границе шлицевого соединения и нажмите левую кнопку мыши. Удерживая кнопку переместите курсор в точку, соответствующую другой границе шлицевого соединения (при этом на экране будет изображен габаритный прямоугольник шлицевого соединения) и отпустите кнопку. На экране появится диалоговое окно в котором Вы можете уточнить параметры соединения.

Участки с резьбой

Участки с резьбой (рис.2.7) вводятся также как и шлицевые соединения—указывается одна граница, затем другая, окончательно параметры уточняются в диалоговом окне.

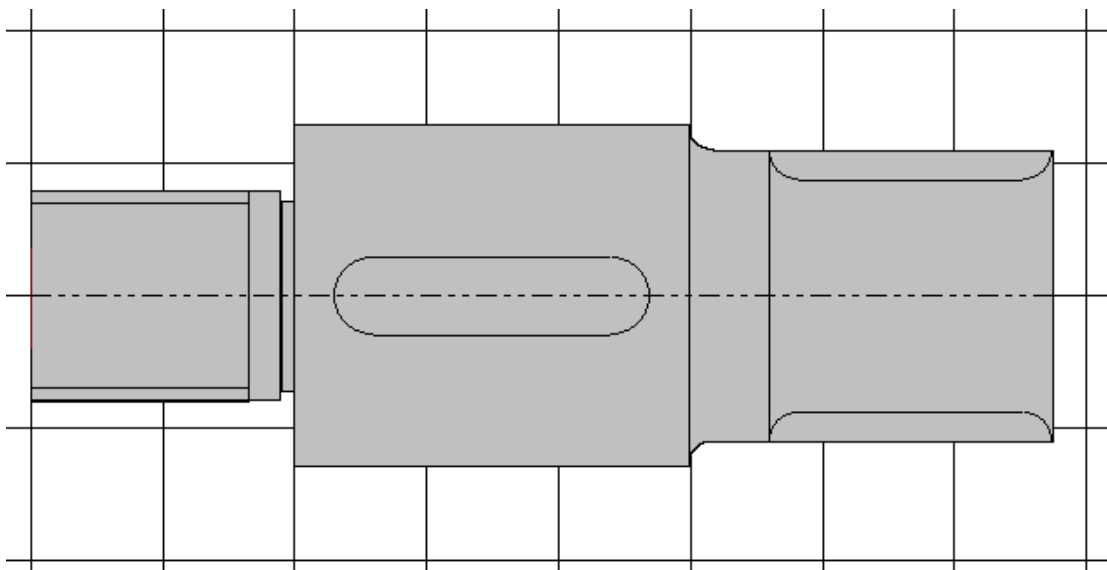


Рис. 2.7 Редактор АПМ Shaft. Фрагмент вала с резьбой, шпоночным и шлицевым соединением.

Осевые и перпендикулярные отверстия

Редактор АПМ Shaft позволяет задавать осевые отверстия. Пользователь может задать два отверстия, которые начинаются, соответственно, на левой и правой торцевых поверхностях вала. Отверстия могут иметь ступенчатую форму. Отверстия рисуются и редактируются так же как цилиндрические участки вала. АПМ Shaft позволяет также задать перпендикулярные отверстия.

Поверхностная обработка вала

Редактор АПМ Shaft позволяет учесть тип обработки поверхности вала. Пользователь может задать участки вала со следующими видами обработки: закалка, азотирование, цементация, цианирование, обкатка роликом, обдувка дробью. Участки обработки задаются и редактируются так же как и участки с резьбой и цилиндрические участки вала.

Нагрузки действующие на вал

С помощью редактора АПМ Shaft можно задать радиальные и осевые сосредоточенные силы, распределенные силы, а также моменты изгиба и кручения.

Радиальные силы

Радиальные силы направлены перпендикулярно оси вала. Чтобы ввести радиальную силу поместите курсор в ту точку, где эта сила должна быть приложена и щелкните левой кнопкой мыши. На экране появится диалоговое окно для ввода параметров силы (рис.2.8). Радиальная сила характеризуется осевой координатой (расстоянием от начала вала), направлением и величиной. Вы можете задать силу двумя способами. В одном случае Вы вводите модуль силы и угол который составляет направление линии действия силы с вертикалью; эти параметры вводятся в полях *Модуль* и *Угол*. Во втором случае Вы задаете горизонтальную и вертикальную проекцию силы в полях *Вертикальная* и *Горизонтальная*. Переключение между способами задания силы производится с помощью радио-кнопок *Модуль* и *Проекции*. Пользователь может задать идентификатор силы который состоит из названия и индекса,

которые вводятся в соответствующих полях. Примеры идентификаторов— F_1 , ВесДвигателя.

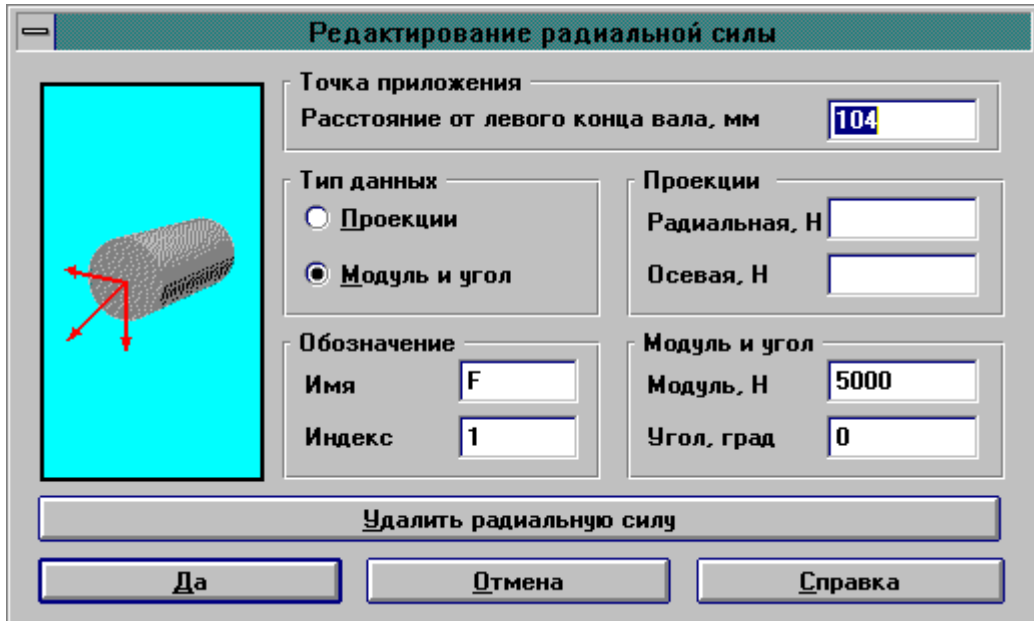


Рис. 2.8 Диалоговое окно для ввода и редактирования радиальных сил

Осевые силы

Чтобы задать осевую силу нужно щелкнуть левой кнопкой мыши в точке приложения силы. На экране появляется диалоговое окно, в котором необходимо ввести величину силы.

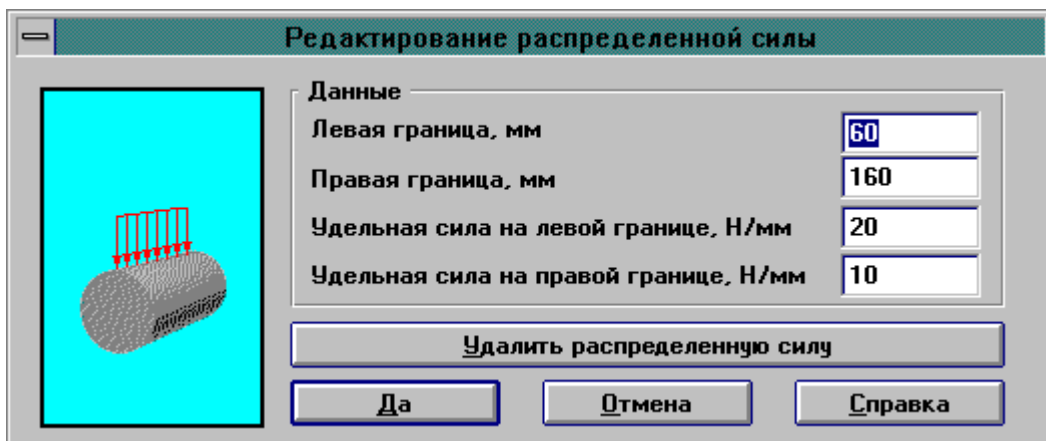


Рис. 2.9 Диалоговое окно для ввода и редактирования распределенных сил

Распределенные силы

Распределенная сила характеризуется участком, на котором она действует, а также значениями удельной силы на левой и правой границах (промежуточные значения получаются линейной интерполяцией). Для задания распределенной силы нужно поместить курсор на одну из границ зоны действия силы (безразлично, левую или правую), нажать левую кнопку мыши и удерживая ее переместить курсор в точку, соответствующую другой границе зоны. После того, как Вы отпустите кнопку, на экране появится диалоговое окно (рис.2.9), в котором Вы можете уточнить границы зоны действия распределенной силы и ввести значения удельной силы, действующие на левой и правой границах.

Моменты изгиба

Момент изгиба задается также как радиальная сила. После щелчка левой кнопкой мыши в точке приложения момента, на экране появляется диалоговое окно, которое позволяет задать момент изгиба либо совокупностью проекций на координатные оси, либо через модуль и угол с вертикалью.

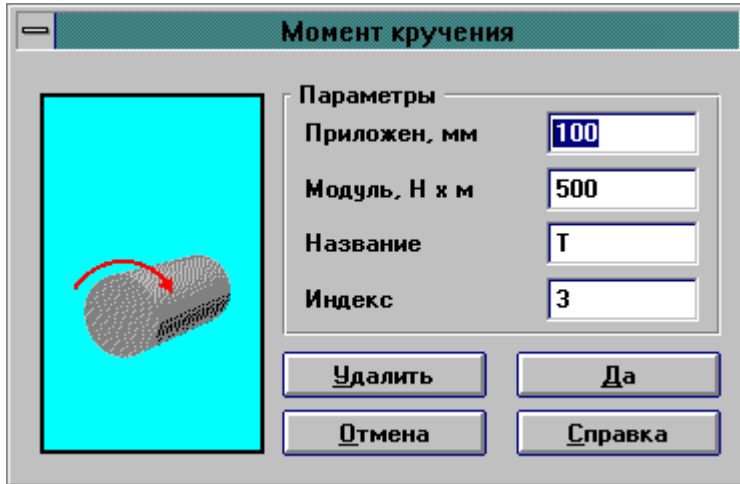


Рис. 2.10. Диалоговое окно для ввода и редактирования моментов кручения

Моменты кручения

Момент кручения характеризуется величиной и координатой точки приложения. Чтобы задать его нужно поместить курсор в точку приложения момента и щелкнуть левой кнопкой мыши. В появившемся диалоговом окне необходимо ввести величину момента.

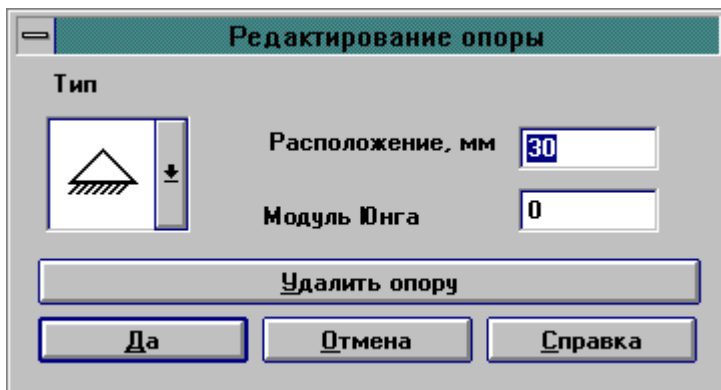


Рис. 2.11 Диалоговое окно для ввода и редактирования опор

Опоры

Для размещения опоры выберите команду **Задать | Опора** которая переключает редактор в режим рисования опор. Затем щелкните мышью в той точке, где должна быть установлена опора, проконтролировав значение осевой координаты в информационной панели. На экране появится диалоговое окно (рис.2.11), в котором Вы можете выбрать тип опоры и уточнить ее параметры.

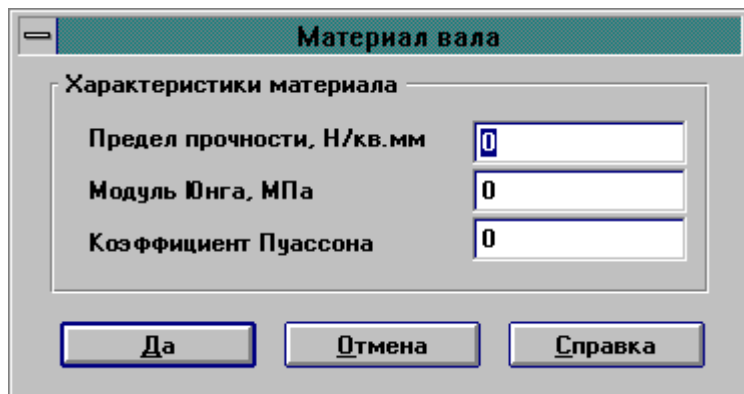
Характеристики материалов

Для расчета вала необходимо задать характеристики материала из которого он изготовлен. К числу этих характеристик относятся предел прочности,

модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Пользователь может задать значения этих параметров одним из двух способов:

выбрать из базы данных, входящей в состав системы APM WinMachine (команда **Материал | База Данных**)

ввести в диалоговом окне (команда **Материал | Параметры**)



Характеристики материала	
Предел прочности, Н/кв.мм	0
Модуль Юнга, МПа	0
Коэффициент Пуассона	0

Да Отмена Справка

Рис. 2.12 Диалоговое окно для ввода характеристик материала вала

Удаление вала

Для удаления вала выберите команду **Задать | Удалить** вал. На экране появится окно с запросом на подтверждение удаления; выберите кнопку ОК.

Глава 3 Команды АПМ Shaft

В настоящей главе приведено описание всех команд главного и всплывающих меню системы **АПМ Shaft**, а также всех команд и опций диалоговых окон, имеющихя в системе. Работа команд редактора валов подробно описана в главе 2.

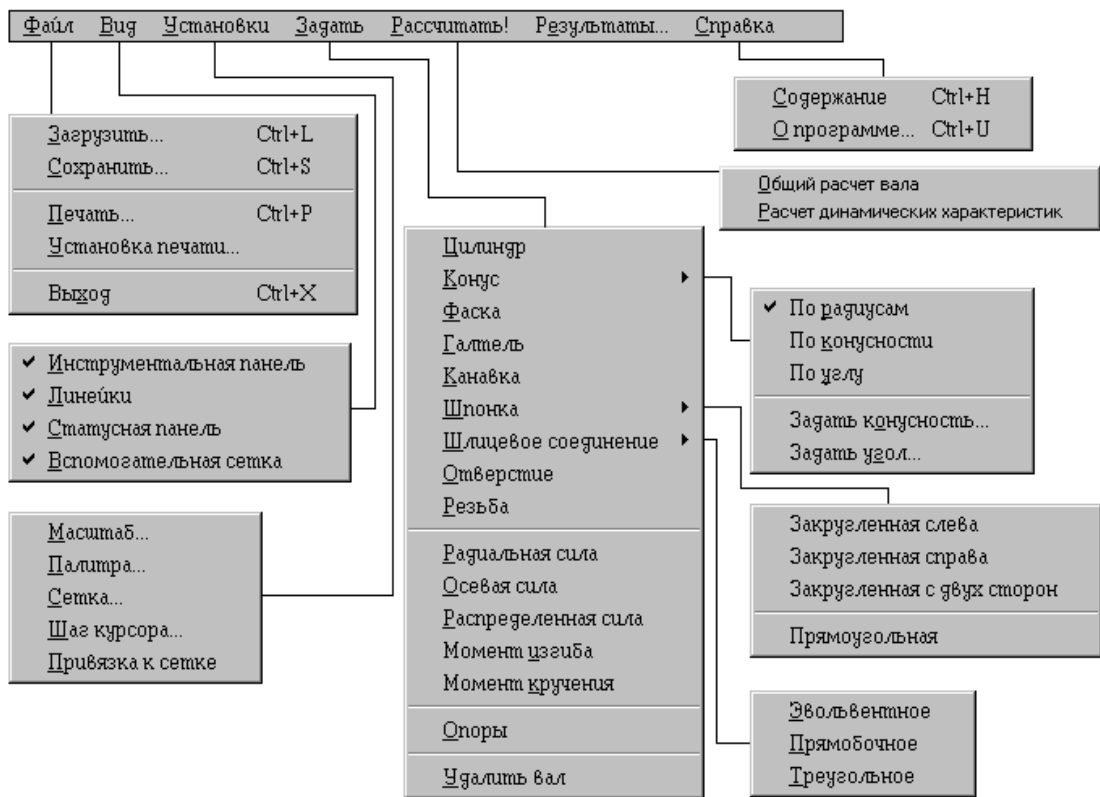


Рис.3.1 Структура меню системы **АПМ Shaft**

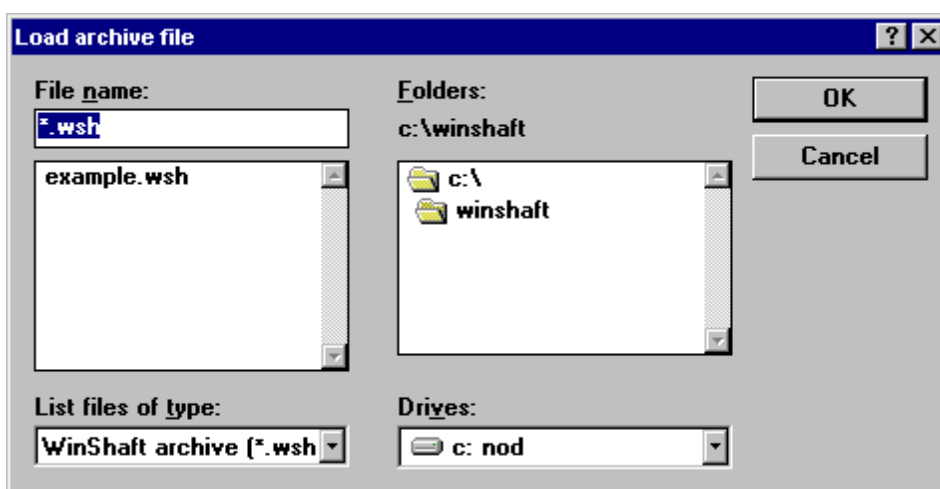
Меню **Файл**

Всплывающее меню **Файл** содержит команды для создания и загрузки архивных файлов, а также печати исходных данных и результатов расчетов.

<u>З</u> агрузить...	Ctrl+L
<u>С</u> охранить...	Ctrl+S
<u>П</u> ечать...	Ctrl+P
<u>У</u> становка печати...	
<u>В</u> ыход	Ctrl+X

Рис. 3.2 Всплывающее меню **Файл****Команда Загрузить**

Команда **Файл | Загрузить** позволяет загрузить ранее созданный архивный файл. В ответ на эту команду на экране появляется стандартное диалоговое окно для выбора файла (см.рис.3.3), используемое в Microsoft Windows. В этом окне нужно указать архивный файл, который Вы хотите загрузить.

Рис. 3.3 Диалоговое окно **Загрузить архивный файл****Команда Сохранить**

С помощью команды **Файл | Сохранить** Вы можете создать архивный файл в котором будут сохранены исходные данные и результаты расчетов. Позднее Вы можете загрузить этот файл и продолжить работу с тем объектом который в нем хранится. При выборе команды появляется диалоговое окно (рис.3.3) в котором Вы должны ввести имя архивного файла.

Команда Печать

С помощью команды **Файл | Печать** пользователь может распечатать изображение вала которое отображается в рабочем поле редактора.

Команда Установка Печати

Команда **Файл | Установка Печати** позволяет выбрать тип принтера, способ его подключения к компьютеру, режимы печати. В ответ на эту команду вызываются диалоговые окна настройки печати, содержимое которых зависит от принтера, которым Вы пользуетесь.

Команда Выход

Команда **Файл | Выход** предназначена для выхода из программы.

Меню Вид

Всплывающее меню Вид содержит команды, управляющие видимостью отдельных объектов системы и элементов вала.

Команда Инструментальная Панель

Команда Вид | Инструментальная Панель позволяет удалить с экрана инструментальную панель (окно с кнопками ускоренного выбора команд). Эта же команда позволяет вернуть инструментальную панель на экран.

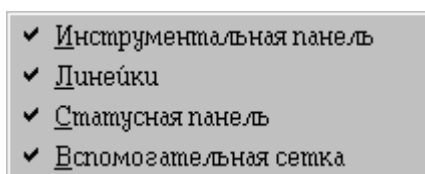


Рис. 3.4 Всплывающее меню Вид

Команда Линейки

Команда Вид | Линейки удаляет с экрана и возвращает на экран вспомогательные линейки.

Команда Статусная Панель

Команда Вид | Статусная панель управляет видимостью статусной панели. Когда статусная панель видима, соответствующая команда в меню Вид помечена галочкой.

Меню Установки

Команды всплывающего меню Установки позволяют изменять такие параметры системы, как масштаб изображения, используемая палитра, наличие и тип вспомогательной сетки, шаг курсора, привязка изображения к сетке.

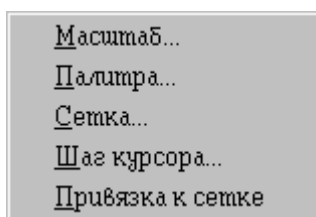


Рис. 3.5 Всплывающее меню Установки

Команда Масштаб

Команда Установки | Масштаб выводит на экран диалоговое окно для установки масштаба изображения вала (рис.3.6). Это окно содержит поле ввода Масштаб, в котором Вы можете задать тот масштаб, который Вам удобен, а также несколько кнопок, которые устанавливают наиболее распространенные значения масштаба (1 : 2, 1 : 5, 1 : 10 и т.п.).



Рис. 3.6 Диалоговое окно **Выбор масштаба**

Команда **Палитра**

Команда **Установки | Палитра** вызывает диалоговое окно (рис. 3.7), с помощью которого Вы можете выбрать палитру, используемую для рисования вала. Палитра представляет собой набор цветов, применяемых для рисования отдельных элементов вала, а также компонентов редактора валов.

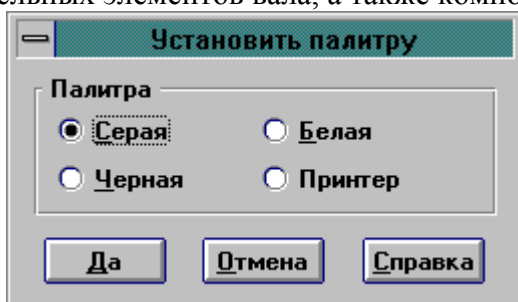


Рис. 3.7 Диалоговое окно **Установить палитру**

Команда **Сетка**

Команда **Установки | Сетка** выводит диалоговое окно для установки параметров вспомогательной сетки (см. рис. 3.8). В этом диалоговом окне пользователь может ввести шаг сетки по горизонтали и вертикали, а также выбрать тип линий сетки (штриховая, пунктирная, штрих-пунктирная). Можно также выбрать режим в котором сетка не будет показываться.

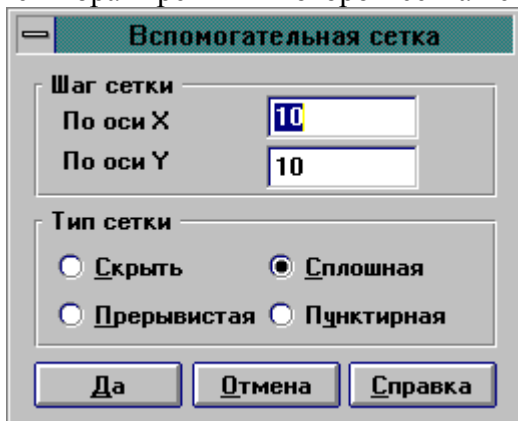


Рис. 3.8 Диалоговое окно **Вспомогательная Сетка**

Команда Шаг Курсора

Команда **Установки | Шаг Курсора** вызывает диалоговое окно (рис.3.9) с помощью которой можно изменить точность задания координат и размеров с помощью мыши.

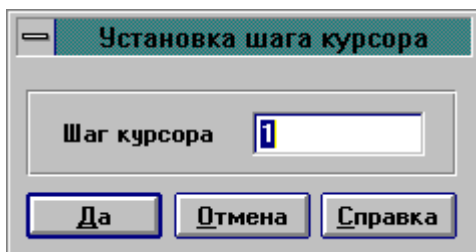


Рис. 3.9 Диалоговое окно **Установка шага курсора**

Меню **Задать**

Всплывающее меню **Задать** содержит команды, управляющие работой редактора валов. Каждая из этих команд переключает редактор в режим ввода/редактирования соответствующего элементов вала, нагрузки или опоры. Подробнее работа с редактором валов описана в главе 2.

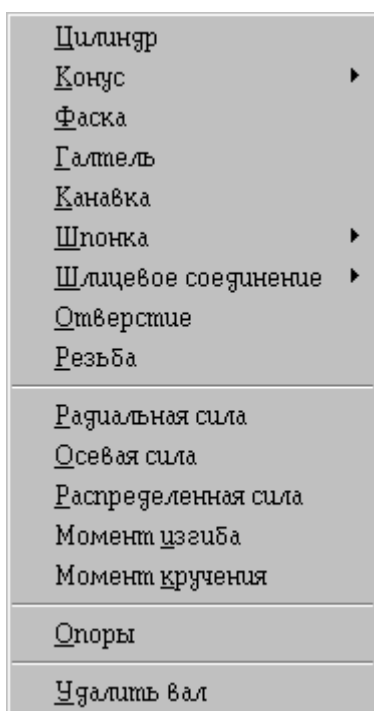


Рис. 3.10 Всплывающее меню **Задать**

Команда **Цилиндр**

Команда **Задать | Цилиндр** переводит редактор валов в режим рисования цилиндрических сегментов вала.

Меню **Конус**

Команда **Задать | Конус** вызывает всплывающее меню **Конус** (см.рис.3.11).

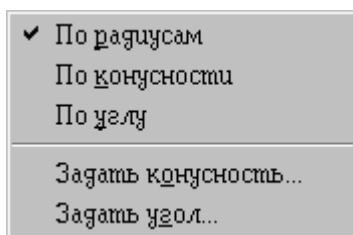


Рис. 3.11 Всплывающее меню **Конус**

Команда По Радиусам

Команда **Задать | Конус | По радиусам** переводит редактор валов в режим рисования конических участков вала по начальному и конечному радиусам.

Команда По Конусности

Команда **Задать | Конус | По конусности** переводит редактор валов в режим рисования конических участков вала по текущему значению конусности. Для установки конусности используется команда **Задать | Конус | Задать конусность**.

Команда По Углу

Команда **Задать | Конус | По углу** переводит редактор валов в режим рисования конических участков вала по текущему значению угла конуса (т.е. угла между образующей конуса и осью вала). Для установки угла конуса используется команда **Задать | Конус | Задать угол**.

Команда Задать Конусность...

Команда **Задать | Конус | Задать Конусность...** вызывает на экран диалоговое окно для ввода текущего значения конусности. Это значение используется при рисовании конических участков по заданной величине конусности.

Команда Задать Угол...

Команда **Задать | Конус | Задать Угол...** выводит на экран диалоговое окно для ввода текущего значения угла конуса. Это значение используется при рисовании конических участков по заданному углу.

Команда Фаска

Команда **Задать | Фаска** переводит редактор валов в режим задания фасок.

Команда Галтель

Команда **Задать | Галтель** переводит редактор валов в режим задания галтелей.

Команда Канавка

Команда **Задать | Канавка** переводит редактор валов в режим задания канавок.

Меню Шпонка

Команда **Задать | Шпонка** вызывает всплывающее меню **Шпонка** (см.рис.3.12).

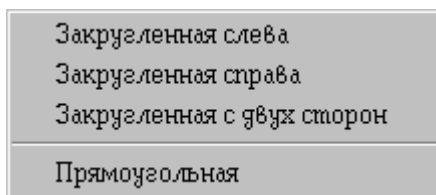


Рис. 3.12 Всплывающее меню **Шпонка**

Команда *Закругленная Слева*

Команда **Задать | Шпонка | Закругленная Слева** переключает редактор валов в режим рисования шпонок, начинающихся на правом краю сегмента и имеющих закругление слева.

Команда *Закругленная Справа*

Команда **Задать | Шпонка | Закругленная Справа** переключает редактор валов в режим рисования шпонок, начинающихся на левом краю сегмента и имеющих закругление справа.

Команда *Закругленная с двух сторон*

Команда **Задать | Шпонка | Закругленная с двух сторон** переключает редактор валов в режим рисования шпонок, имеющих закругления на обоих краях.

Команда *Прямоугольная*

Команда **Задать | Шпонка | Прямоугольная** переключает редактор валов в режим рисования прямоугольных шпонок.

Меню Шлицевое Соединение

Команда **Задать | Шлицевое Соединение** вызывает всплывающее меню **Шлицевое Соединение** (см.рис.3.13).

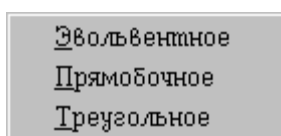


Рис. 3.13 Всплывающее меню **Шлицевое соединение**

Команда *Эвольвентное*

Команда **Задать | Шлицевое Соединение | Эвольвентное** переключает редактор валов в режим рисования эвольвентных шлицевых соединений.

Команда *Прямобочное*

Команда **Задать | Шлицевое Соединение | Прямобочное** переключает редактор валов в режим рисования прямобочных шлицевых соединений.

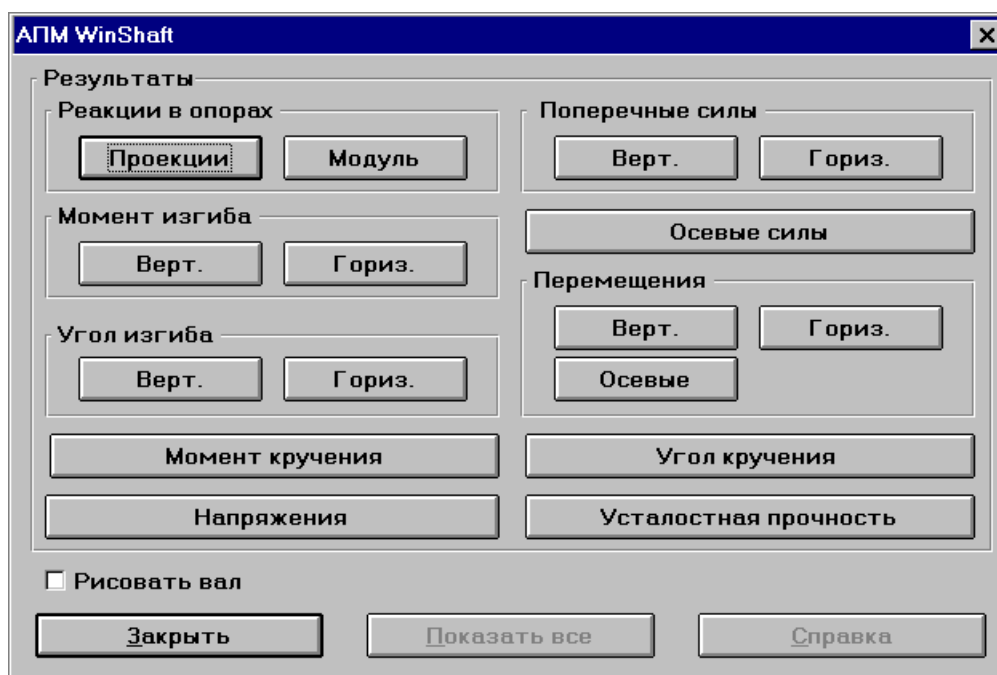


Рис. 3.14 Диалоговое окно Результаты расчетов

Команда Треугольное

Команда **Задать | Шлицевое Соединение | Треугольное** переключает редактор валов в режим рисования треугольных шлицевых соединений.

Команда Резьба

Команда **Задать | Резьба** переводит редактор валов в режим задания участков с резьбой.

Команда Отверстие

Команда **Задать | Отверстие** переводит редактор валов в режим рисования осевых отверстий.

Команда Перпендикулярное отверстие

Команда **Задать | Перпендикулярное отверстие** переводит редактор валов в режим рисования осевых отверстий. Чтобы задать отверстие щелкните мышкой в требуемой позиции вала и в появившемся диалоге введите или отредактируйте положение отверстия и его радиус.

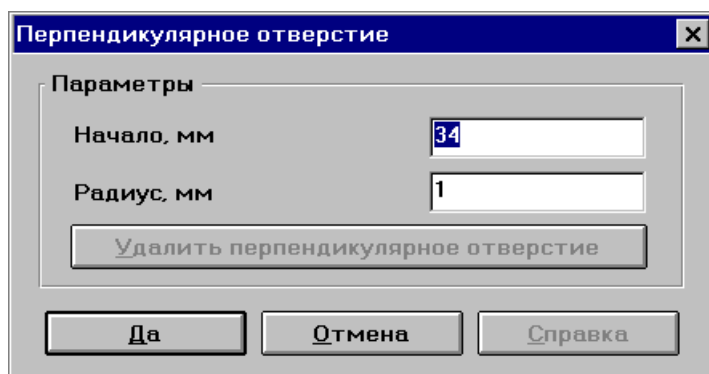


Рис. 3.15 Диалоговое окно Перпендикулярное отверстие

Команда Концентратор напряжений

Команда **Задать | Концентратор напряжений** переводит редактор валов в режим задания концентраторов напряжений. Чтобы задать концентратор щелкните мышкой в требуемой позиции вала и в появившемся диалоге введите его положение отверстия и эффективные коэффициенты концентрации.

Концентратор напряжений	
Данные	
Расстояние, мм	34
Эфф. Коэффициент концентрации	
Нормальных напряжений	1
Касательных напряжений	1
Название	C
Индекс	1
[Удалить] [Да] [Отмена] [Справка]	

Рис. 3.16 Диалоговое окно Концентратор напряжений

Команда Обработка поверхности

Команда **Задать | Обработка поверхности** переводит редактор валов в режим задания поверхностной обработки. Участки с обработкой задаются также как и участки с резьбой. Окно для ввода параметров поверхностной обработки показано ниже.

Обработка поверхности	
Параметры	
Начало, мм	45
Длина, мм	20
Тип обработки	Закалка
[Удалить обработку поверхности] [Да] [Отмена] [Справка]	

Рис. 3.17 Диалоговое окно Обработка поверхности

Команда Радиальная Сила

Команда **Задать | Радиальная сила** переводит редактор валов в режим ввода радиальных сил. Для того, чтобы задать радиальную силу нужно подвести курсор к той точке, где она должна быть приложена и щелкнуть левой кнопкой мыши. В диалоговом окне, которое появится на экране, необходимо ввести параметры, характеризующие силу.

Команда Осевая Сила

Команда **Задать | Осевая сила** переводит редактор валов в режим ввода осевых сил.

Команда Распределенная Сила

Команда **Задать | Распределенная Сила** переводит редактор валов в режим ввода распределенных сил.

Команда Момент Изгиба

Команда **Задать | Момент Изгиба** переводит редактор валов в режим ввода моментов изгиба.

Н	Координата опоры, мм	Модуль реакции, Н	Угол, град
1	15	14621.3	58.926
2	62	337.434	0
3	115	919.556	0
4	135	175.867	0
5	162	2907.8	0
6			
7			

Buttons: **Закреть**, **Справка**

Рис. 3.18 Результаты расчета реакций в опорах вала

Команда Момент Кручения

Команда **Задать | Момент Кручения** переводит редактор валов в режим ввода моментов кручения.

Команда Опоры

Команда **Задать | Опоры** переводит редактор валов в режим ввода опор.

Команда Удалить Вал

Команда **Задать | Удалить Вал** удаляет текущий вал со всеми его конструктивными особенностями, нагрузками и опорами. Перед удалением на экран выдается запрос на подтверждение операции.

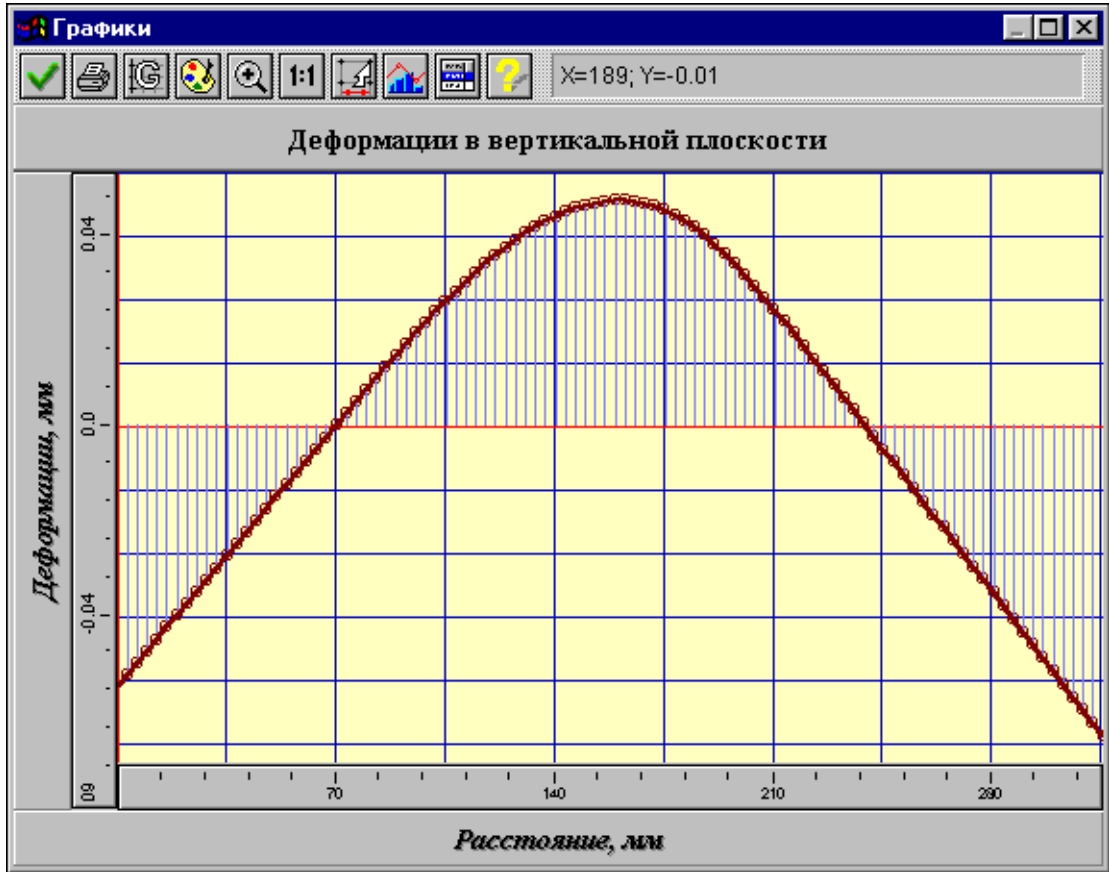


Рис. 3.19 График деформаций в вертикальной плоскости

Меню Материал

Всплывающее меню **Материал** содержит команды которые позволяют ввести характеристики материала из которого изготовлен вал.

Команда Параметры

Команда **Материал | Параметры** вызывает на экран диалоговое окно, в котором пользователь может ввести параметры материала вала.

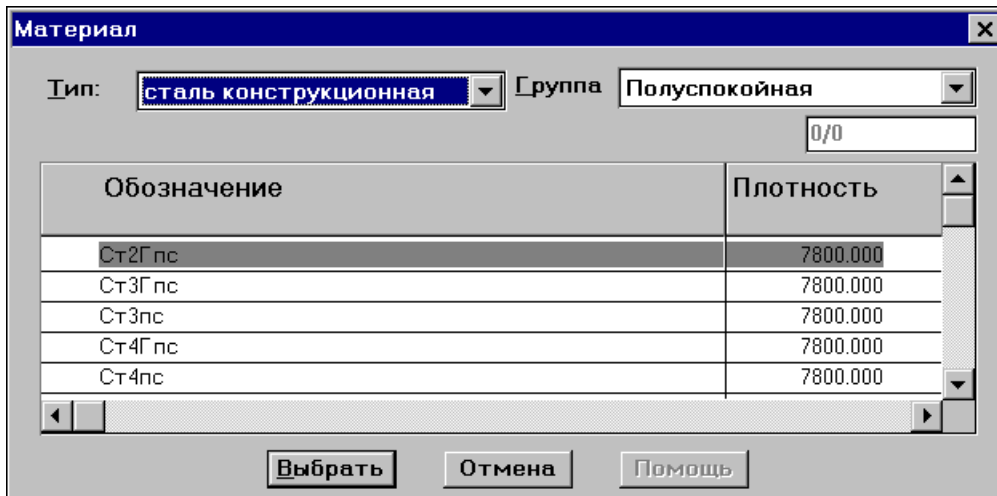


Рис. 3.20 Диалоговое окно для выбора материала из базы данных

Команда База Данных

Команда **Материал | База Данных** позволяет выбрать материал (и его параметры) из базы данных, входящей в состав системы АПМ WinMachine. На рис. 3.17. показано диалоговое окно для выбора параметров из базы данных.

Меню Переменная нагрузка

Команда **Задать** вызывает редактор для задания графика переменной нагрузки, общий вид которого показан ниже. Чтобы учесть его при расчете необходимо отметить пункт меню **Использовать при расчете**.

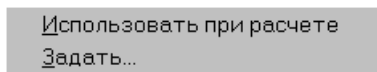


Рис. 3.21 Всплывающее меню **Переменная нагрузка**

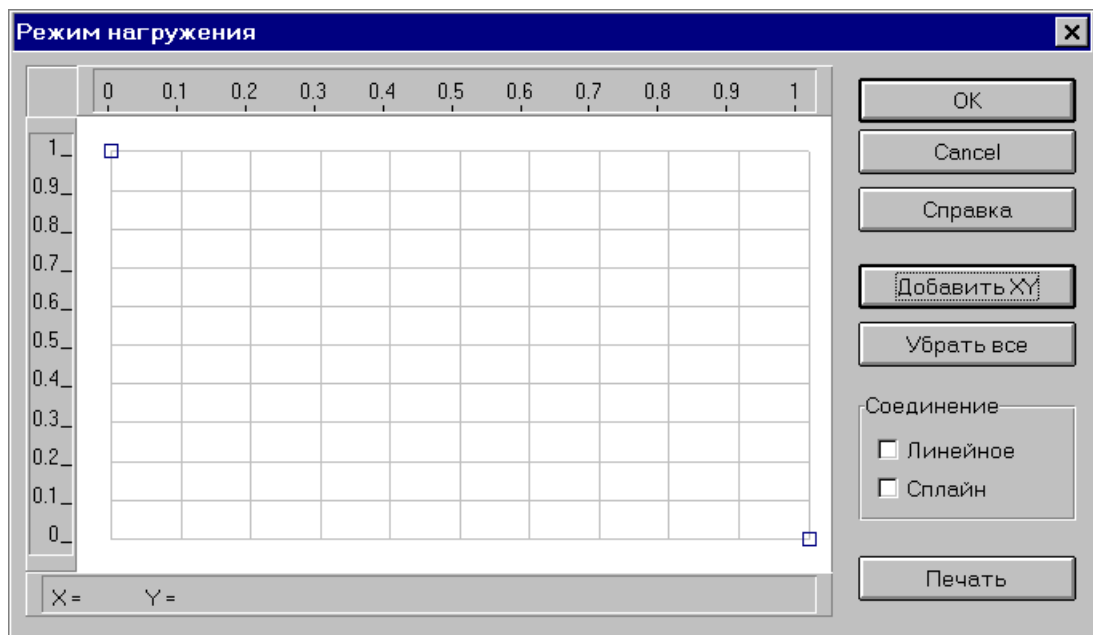


Рис. 3.22 Редактор для задания режима нагружения

Меню Рассчитать

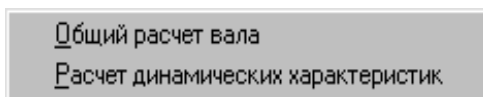


Рис. 3.23 Всплывающее меню **Рассчитать**

Команда Общий Расчет Вала

По команде **Общий Расчет Вала** выполняются расчеты вала на статическую и усталостную прочность. Перед расчетом на экран выводится диалог ресурса работы вала (Рис. 3.24).

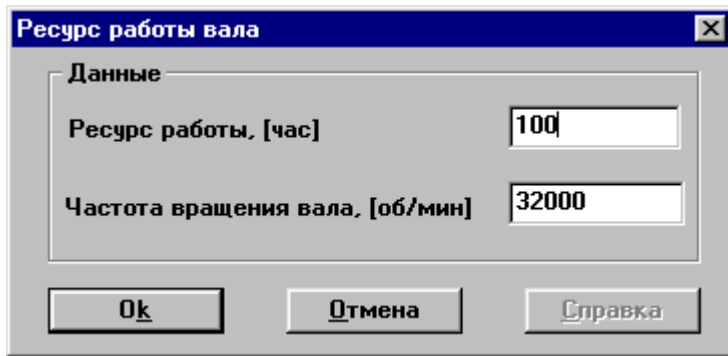


Рис. 3.24. Диалог Ресурс работы вала

Команда Расчет динамических характеристик

По команде **Расчет динамических характеристик** выполняются расчеты динамических характеристик вала.

Команда Результаты

Команда **Результаты** вызывает на экран диалоговое окно (рис.3.14), с помощью которого Вы можете просмотреть результаты расчетов. Каждая кнопка этого окна выводит на экран значения соответствующего параметра, представленные в виде графика (рис.3.19) или таблицы (рис.3.18). Если в диалоге включить флаг *Рисовать вал*, то на графиках расчетных параметров будет показан сам вал.

Меню Справка

Всплывающее меню **Справка** содержит команды вызывающие оглавление системы подсказки и окно *О Программе*.

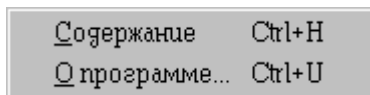


Рис. 3.25. Всплывающее меню Справка

Команда Содержание

Команда **Содержание** вызывает окно с оглавлением системы подсказки по программе **APM Shaft**.

Команда О Программе

Команда **О Программе** выводит на экран окно, в котором содержатся название и версия программы, а также сведения о разработчике и обладателе лицензии на программу.

Рисунки

Рис.2.1 Добавление новых секций к валу. а) добавление секции к правому краю вала, б) добавление секции к левому краю вала, в) вставка секции внутри вала. Крестиком показано начальное положение курсора. При перемещении курсора по горизонтали изменяется длина добавляемой секции, по вертикали - ее радиус.	12
Рис.2.2 Диалоговое окно для редактирования параметров секции вала	13
Рис.2.3 Последовательность рисования конуса по начальному и конечному радиусам. а) задание начального радиуса; б) задание длины конического участка; в) задание конечного радиуса. Крестиком показано положение курсора.	14
Рис. 2.4 Редактор АПМ Shaft. Фрагмент вала с фасками, галтелями и канавкой.	15
Рис. 2.5 Диалоговое окно для выбора типа канавки.....	15
Рис. 2.6 Диалоговое окно для редактирования параметров канавки	16
Рис. 2.7 Редактор АПМ Shaft. Фрагмент вала с резьбой, шпоночным и шлицевым соединением.	17
Рис. 2.8 Диалоговое окно для ввода и редактирования радиальных сил.....	18
Рис. 2.9 Диалоговое окно для ввода и редактирования распределенных сил	18
Рис. 2.10. Диалоговое окно для ввода и редактирования моментов кручения	19
Рис. 2.11 Диалоговое окно для ввода и редактирования опор.....	19
Рис. 2.12 Диалоговое окно для ввода характеристик материала вала	20
Рис.3.1 Структура меню системы АПМ Shaft.....	21
Рис. 3.2 Всплывающее меню Файл	22
Рис. 3.3 Диалоговое окно Загрузить архивный файл	22
Рис. 3.4 Всплывающее меню Вид	23
Рис. 3.5 Всплывающее меню Установки	23
Рис. 3.6 Диалоговое окно Выбор масштаба	24
Рис. 3.7 Диалоговое окно Установить палитру	24
Рис. 3.8 Диалоговое окно Вспомогательная Сетка	24
Рис. 3.9 Диалоговое окно Установка шага курсора	25
Рис. 3.10 Всплывающее меню Задать	25
Рис. 3.11 Всплывающее меню Конус	26
Рис. 3.12 Всплывающее меню Шпонка	27
Рис. 3.13 Всплывающее меню Шлицевое соединение	27
Рис. 3.14 Диалоговое окно Результаты расчетов	28
Рис. 3.15 Результаты расчета реакций в опорах вала.....	30
Рис. 3.18. Всплывающее меню Рассчитать	32
Рис. 3.19. Диалог Ресурс работы вала	33
Рис. 3.20 Всплывающее меню Справка	33

Предметный указатель

В

Ввод моментов изгиба	22
Ввод моментов кручения	22
Ввод нагрузок	21
Ввод опор	23
Ввод осевых сил	21
Ввод Радиальных сил	21
Ввод распределенных сил.....	22
Ввод характеристик материала вала.....	23

К

Команда База Данных	34
Команда Выход.....	25
Команда Галтель.....	29
Команда Загрузить	25
Команда Задать Конусность	29
Команда Задать Угол.....	29
Команда Закругленная с двух сторон	30
Команда Закругленная Слева	30
Команда Закругленная Справа	30
Команда Инструментальная Панель.....	26
Команда Канавка	29
Команда Линейки	26
Команда Масштаб	26
Команда Момент Изгиба	32
Команда Момент Кручения.....	32
Команда О Программе	35
Команда Опоры	32
Команда Осевая Сила.....	31
Команда Отверстие	31
Команда Палитра.....	27
Команда Παραменты.....	33
Команда Печать	25
Команда По Конусности.....	29
Команда По Радиусам	29
Команда По Углу.....	29
Команда Прямобочное	30
Команда Прямоугольная.....	30
Команда Радиальная Сила	31
Команда Распределенная Сила.....	31
Команда Рассчитать	34
Команда Результаты.....	34
Команда Резьба.....	31
Команда Сетка	27
Команда Содержание	35
Команда Сохранить	25
Команда Статусная Панель	26
Команда Треугольное.....	31
Команда Удалить Вал	32
Команда Установка Печати	25
Команда Фаска.....	29
Команда Цилиндр.....	28
Команда Шаг Курсора.....	28
Команда Эвольвентное	30
Критерии расчета валов	7

М

Меню Вид	26
Меню Задать.....	28
Меню Конус	28
Меню Материал	33
Меню Справка.....	34
Меню Установки.....	26
Меню Файл.....	24
Меню Шлицевое Соединение	30
Меню Шпонка	30

Р

Расчет вала на сопротивление усталости....	8
Расчет валов.....	7
Расчет жесткости.....	9
Расчет статической прочности.....	7
Редактирование вала.....	14
Редактор валов	11
Рисование вала	13
Рисование галтелей	18
Рисование канавок	19
Рисование конической секции	16
Рисование отверстий	20
Рисование участков с резьбой	20
Рисование фасок	18
Рисование цилиндрической секции	14
Рисование шлицевых соединений	20
Рисование шпонок	19

У

Удаление вала	23
----------------------------	----

Оглавление

Введение	4
APM Shaft - что это такое?.....	4
Требования к компьютеру и системному программному обеспечению	4
Содержание этой книги	4
Глава 1	6
Задачи, исходные данные и результаты.....	6
Назначение и классификация валов.....	6
Расчет валов	6
Критерии, используемые при расчете валов	6
Расчет статической прочности	6
Расчет вала на сопротивление усталости	7
Расчет жесткости	8
Расчет динамических характеристик вала	8
Глава 2	9
Редактор валов.....	9
Компоненты редактора валов.....	9
<i>Рабочее поле</i>	9
<i>Линейки</i>	9
<i>Информационная панель</i>	9
<i>Инструментальная панель</i>	9
<i>Полосы прокрутки и панорамирование вала</i>	10
<i>Увеличение размеров рабочего поля</i>	10
<i>Масштаб изображения</i>	10
<i>Палитры редактора</i>	10
<i>Вспомогательная сетка</i>	10
<i>Шаг курсора</i>	10
Общие принципы работы с редактором	10
<i>Выбор режима</i>	10
<i>Рисование</i>	10
<i>Редактирование</i>	11
<i>Диагностика</i>	11
Элементы конструкции вала.....	11
<i>Рисование цилиндрической секции</i>	12
<i>Редактирование и удаление цилиндрических и конических секций</i>	13
<i>Рисование конической секции</i>	13
<i>Галтели</i>	14
<i>Фаски</i>	15
<i>Канавки</i>	15
<i>Шпонки</i>	16
<i>Шлицевые соединения</i>	16
<i>Участки с резьбой</i>	16
<i>Осевые и перпендикулярные отверстия</i>	17
<i>Поверхностная обработка вала</i>	17
Нагрузки действующие на вал	17
<i>Радиальные силы</i>	17
<i>Осевые силы</i>	18
<i>Распределенные силы</i>	18

Моменты изгиба.....	19
Моменты кручения.....	19
Опоры	19
Характеристики материалов.....	19
Удаление вала.....	20
Глава 3 Команды АПМ Shaft	21
Меню Файл.....	21
Команда Загрузить	22
Команда Сохранить.....	22
Команда Печать.....	22
Команда Установка Печати.....	22
Команда Выход.....	22
Меню Вид	23
Команда Инструментальная Панель.....	23
Команда Линейки.....	23
Команда Статусная Панель.....	23
Меню Установки	23
Команда Масштаб.....	23
Команда Палитра	24
Команда Сетка.....	24
Команда Шаг Курсора	25
Меню Задать	25
Команда Цилиндр	25
Меню Конус.....	25
Команда По Радиусам	26
Команда По Конусности	26
Команда По Углу.....	26
Команда Задать Конусность.....	26
Команда Задать Угол.....	26
Команда Фаска.....	26
Команда Галтель.....	26
Команда Канавка.....	26
Меню Шпонка.....	26
Команда Закругленная Слева.....	27
Команда Закругленная Справа	27
Команда Закругленная с двух сторон.....	27
Команда Прямоугольная.....	27
Меню Шлицевое Соединение.....	27
Команда Эвольвентное.....	27
Команда Прямобочное.....	27
Команда Треугольное	28
Команда Резьба	28
Команда Отверстие	28
Команда Перпендикулярное отверстие.....	28
Команда Концентратор напряжений.....	29
Команда Обработка поверхности.....	29
Команда Радиальная Сила.....	29
Команда Осевая Сила.....	29
Команда Распределенная Сила.....	30
Команда Момент Изгиба	30
Команда Момент Кручения.....	30
Команда Опоры	30
Команда Удалить Вал.....	30
Меню Материал.....	31
Команда Параметры	31

<i>Команда База Данных</i>	32
Меню Переменная нагрузка	32
Меню Рассчитать	32
<i>Команда Общий Расчет Вала</i>	32
<i>Команда Расчет динамических характеристик</i>	33
Команда Результаты	33
Меню Справка	33
<i>Команда Содержание</i>	33
<i>Команда О Программе</i>	33
Рисунки	34
Предметный указатель	35
Оглавление	36