



Кафедра «Механики и
конструирования машин»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА «АРМ WINMACHINE»**

**Б1.О.32 ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ
В ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММАХ**

Направление подготовки
35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки
Цифровой инжиниринг в АПК

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

УФА 2022

УДК 539.3
ББК 30.121

Рекомендовано к изданию методической комиссией механического факультета 24 марта 2022г. (протокол № 7/1).

Составитель: к.т.н., доцент Пермяков В.Н., ассистент Каримов Х.Т.

Рецензент: к.т.н. доцент кафедры «Технология металлов и ремонт машин»
Гаскаров И.Р.

Ответственный за выпуск: заведующий кафедрой «Механики и конструирования машин», к.т.н. доцент Ахметьянов И.Р.

Содержание

	стр.
1. Общие сведения о системе	4
2. Модули системы APM Win Machine	4
3. Методические указания к работе с программой APM WINBEAM	5
4. Система проектирования валов APM Shaft	9
5. Расчет подшипников качения APM Bear	24
6. Методическое указание по работе с программой APM WinStructure3D	26
7. Программа APM WIN CAM для расчета кулачковых механизмов	30
8. Проектирование механических передач вращения APM Trans	35
9. Методическое указание по работе с программой APM WinJoint	38
10. Методическое указание по работе с программой APM WinSpring	69
11. Библиографический список	74

1. Общие сведения о системе

Система APM WinMachine представляет собой автоматизированное место проектировщика-машиностроителя, включающее инструменты и программы для автоматизированного расчета и проектирования деталей машин, механизмов, элементов конструкций и узлов. APM WinMachine позволяет рассчитывать:

- энергетические и кинематические параметры;
- прочность, жесткость и устойчивость;
- выносливость при переменных режимах нагружения;
- вероятность, надежность и износостойкость;
- динамические характеристики.

В ее состав входят графические средства, информационная база знаний, система подсказок и фундаментальный электронный учебник по основам проектирования машин. Также в APM WinMachine имеется набор инструментальных средств конечно-элементного анализа.

2. Модули системы APM WinMachine

APM Graph – модуль оформления чертежно-графической информации.

APM Studio – модуль твердотельного и поверхностного моделирования.

APM Base – система управления базами данных APM WinMachine.

APM Screw – модуль для расчета неидеальных передач поступательного движения.

APM Bear – модуль расчета неидеальных подшипников качения.

APM Shaft – модуль расчета, анализа и проектирования валов и осей.

APM Cam – модуль расчета и проектирования кулачковых механизмов.

APM Slider – модуль расчета и проектирования рычажных механизмов произвольной структуры.

APM Drive – модуль комплексного расчета и проектирования приводов вращательного движения произвольной структуры.

APM Spring – модуль расчета и проектирования пружин и других упругих элементов машин.

APM Joint – модуль расчета и проектирования соединений деталей машин и элементов конструкций.

APM Trans – модуль проектирования передач вращения.

APM Plain – модуль расчета и анализа радиальных и упорных подшипников.

APM Book – электронный учебник «Основы проектирования машин» с описанием методов расчета, реализованных в системе.

APM Beam – модуль расчета и проектирования балочных элементов конструкций.

APM Structure3D – модуль расчета напряженно-деформированного состояния трехмерных смешанных конструкций.

APM Dynamics – модуль кинематического и динамического анализа механизмов.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ APM WINBEAM

Назначение: Программа APM WinBeam (расчет и проектирование балочных элементов конструкций). Программа позволяет рассчитать любую прямолинейную балку с любым поперечным сечением при произвольном пространственном нагружении и произвольном закреплении. При этом балки и стержни могут быть переменного поперечного сечения по длине.

1. Запуск программы: Пуск→Программы→APM WinMachine→APM WinBeam→Enter. При наличии ярлыка программы на рабочем столе возможен запуск двойным нажатием мыши на ярлыке.

2. Назначение программы.

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

- Реакции в опорах и заделках
- Распределение моментов изгиба и углов изгиба
- Распределение моментов кручения и углов кручения
- Распределение деформаций
- Распределение напряжений
- Распределение коэффициента запаса усталостной прочности
- Распределение поперечных и продольных сил
- Собственные частоты изгибных и крутильных колебаний.

3. Пример решения расчетной задачи.

При запуске системы на экране появляется **редактор балок**.

Редактор дает в распоряжение пользователя гибкие и удобные средства для:

- задания конструкции балки
- ввода нагрузок,
- размещения опор.

Внешний вид редактора APM WinBeam показан на рисунке.1. Его основными элементами являются инструментальная панель, информационная панель, линейки и рабочее поле (окно редактирования).

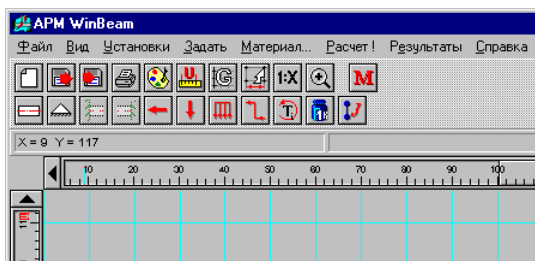


Рисунок 1. Общий вид редактора балки

Чтобы нарисовать или отредактировать какой либо элемент расчетной схемы балки, нужно переключить редактор в режим рисования этого элемента. Для этого нужно выбрать либо соответствующую кнопку на инструментальной панели, либо команду в меню.

3.1. Задание конструкции балок.

Непосредственно рисование сегмента балок и ввод нагрузок и опор в системе **APM WinBeam** производится с помощью мыши.

Сначала нужно поместить курсор в ту точку, где начинается элемент, и щелкнуть левой кнопкой мыши. Затем переместить курсор в ту точку, где элемент кончается и снова щелкнуть левой кнопкой мыши. В процессе перемещения курсора при нажатой кнопке мыши на экране рисуется текущая форма (или текущие габариты) элемента. После того, как пользователь отпустит кнопку, на экране может появляться диалоговое окно для уточнения значений параметров.

3.2. Ввод нагрузок, действующих на балки.

С помощью редактора АПМ WinBeam можно задать радиальные и осевые сосредоточенные силы, распределенные силы, а также моменты изгиба и кручения. Радиальные силы направлены перпендикулярно оси балки. 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 (рисунок.2).

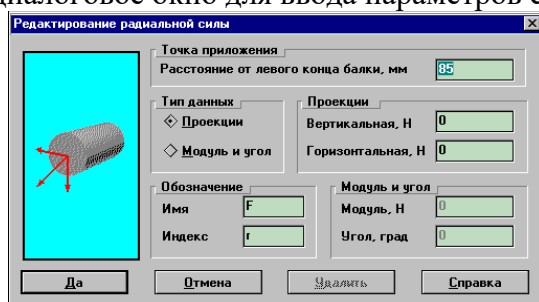


Рисунок. 2 Диалоговое окно для ввода и редактирования радиальных сил

Чтобы задать осевую силу нужно щелкнуть левой кнопкой мыши в точке приложения силы. На экране появляется диалоговое окно, в котором необходимо ввести величину 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), щелкнуть левой кнопкой мыши и затем переместить курсор в точку, соответствующую другой границе зоны где нужно опять щелкнуть левой кнопкой. После второго щелчка, на экране появится диалоговое окно (рисунок 3), в котором Вы можете уточнить границы зоны действия распределенной силы и ввести значения удельной силы, действующие на левой и правой границах. Здесь же Вы можете указать в какой плоскости действует данная сила.

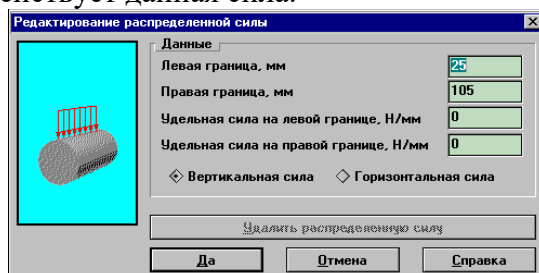


Рисунок.3. Диалоговое окно для ввода и редактирования распределенных сил

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.

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 (рисунок 4).

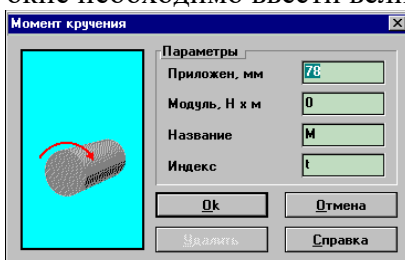


Рисунок.4. Диалоговое окно для ввода и редактирования моментов кручения

3.3. Размещение опор

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 (рисунок 5), в котором Вы можете выбрать тип опоры и уточнить ее параметры.

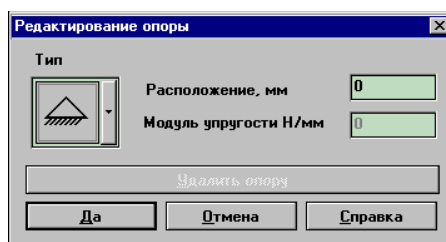


Рисунок 5. Диалоговое окно для ввода и редактирования опор

3.4. Характеристики материалов **Ошибка! Закладка не определена.**

Для расчета балки 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 или ввести в диалоговом окне (рисунок 6.)

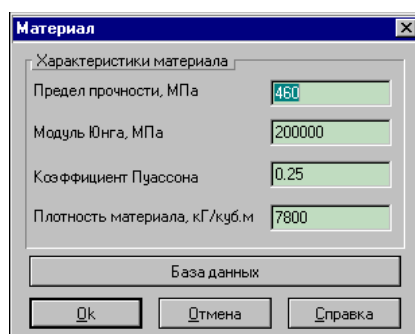


Рисунок 6. Диалоговое окно для ввода характеристик материала

3.5. Редактор поперечных сечений сегмента балки

Редактор подготовки поперечных сечений сегмента балки, входящий в состав системы АПМ WinBeam, представляет собой специализированный графический редактор, который дает в распоряжение пользователя гибкие и удобные средства для задания поперечного сечения.

Внешний вид редактора задания графических данных АПМ WinBeam показан на рисунке 7. Его основными элементами являются инструментальная панель, информационная панель, линейки и рабочее поле (окно редактирования). Все элементы этого редактора несут ту же функциональную нагрузку, что и в редакторе балки.

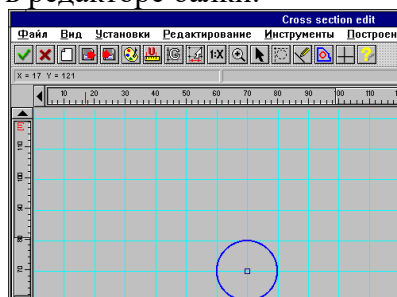


Рисунок 7. Внешний вид редактора подготовки графических данных.

Все геометрические объекты (линия, отрезок, окружность, дуга, точка), рисуемые с помощью редактора поперечного сечения АПМ WinBeam, делятся на *основные* и *вспомогательные*.

Для задания основных и вспомогательных элементов в АПМ WinBeam используются разные команды: для основных элементов команды всплывающего меню **Построение**, для вспомогательных команды меню **Инструменты**.

Основные и вспомогательные элементы различаются и внешне: первые изображаются сплошными линиями, вторые: пунктирными.

Чтобы нарисовать или отредактировать какой либо элемент, нужно переключить редактор в режим рисования этого элемента. Для этого нужно выбрать либо соответствующую кнопку на инструментальной панели, либо команду в меню.

Рисование элемента (примитива) сводится к заданию точек, определяющих его размеры и положение на плоскости, причем эти точки и порядок их ввода зависят от того, каким образом рисуется объект. Так, например, если вы строите окружность по центру и радиусу, то сначала нужно задать центр окружности, а затем установить требуемый радиус. Чтобы задать точку нужно подвести к ней курсор и нажать *левую* кнопку мыши. В процессе перемещения курсора при рисовании примитива на экране рисуется текущая форма (или текущие габариты) элемента, а в окне статуса выводятся текущие значения основных параметров. Нажатие *правой* кнопки мыши в большинстве случаев приводит к отмене предыдущей команды.

Сечение балки в АПМ WinBeam представляется двумерной областью. В АПМ WinBeam **двумерная область** определяется набором контуров. Контуром является замкнутая кривая, состоящая из основных элементов. Пользователю предлагаются два вида контуров, которые называются внешний и внутренний. Они различаются вкладом, который дают в результирующую поверхность. Внешний контур отображается толстой линией синего цвета, внутренний красного, а результирующая поверхность серым. Область, ограниченная внешним контуром, включается в результирующую поверхность, а ограниченная внутренним контуром исключается из неё. На рисунке 8 дается поясняющий пример.

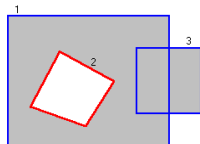


Рисунок 8. Пример поверхности и образующих ее контуров.

Чтобы задать контур необходимо сначала его нарисовать, а затем определить его как внешний или внутренний используя команды **Данные | Внешний контур** и **Данные | Внутренний контур**.

3.6. Расчет балки

По команде **Рассчитать** выполняются расчеты характеристик балки. Перед расчетом Вас попросят выбрать необходимые типы расчетов (рисунок 9).

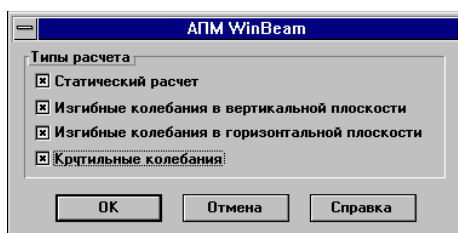


Рисунок 9. Диалоговое окно Типы Расчетов

3.7. Результаты расчета

Всплывающее меню **Результаты** содержит команды необходимые для просмотра результатов расчета.

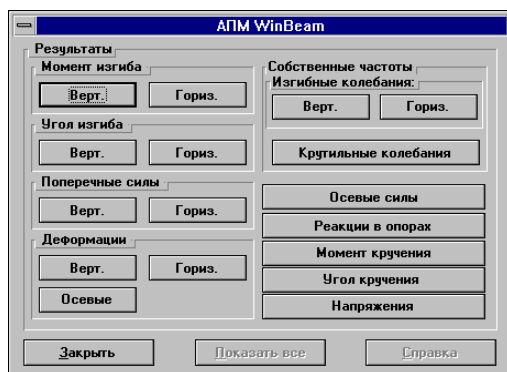


Рисунок 10. Диалог Результаты.

4 Программа APM Win Shaft для расчета деталей типа “вал”.

Назначение: Программа **APM WinShaft** представляет модуль, предназначенный для расчета деталей типа “вал”.

1. Запуск программы: Пуск→Программы→APM WinMachine→APM WinShaft→Enter. При наличии ярлыка программы на рабочем столе возможен запуск двойным нажатием мыши на ярлыке.

2. Теоретические сведения.

АПМ WinShaft представляет собой программу для расчета и проектирования валов и осей, разработанную в Центре *"Автоматизированное Проектирование Машин"*.

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

Реакции в опорах валов.

Распределение моментов изгиба и углов изгиба .

Распределение моментов кручения и углов кручения.

Распределение деформаций.

Распределение напряжений.

Распределение коэффициента запаса усталостной прочности.

Собственные частоты и собственные формы вала.

3. Содержание пособия.

Теоретические сведения содержат краткие общие сведения о системе **WinShaft**, ее названии, возможностях.

В **Требованиях к компьютеру и системному программному обеспечению** разъясняется как установить **WinShaft** на Ваш компьютер, какие требования система предъявляет к конфигурации компьютерных средств, установленному системному программному обеспечению.

Задачи, исходные данные и результаты содержит описание задач, которые могут быть решены с помощью **АПМ Shaft**.

Редактор валов рассмотрен специализированный графический редактор, входящий в состав **АПМ WinShaft**, который позволяет быстро задать геометрию вала, ввести нагрузки, действующие на него, разместить опоры.

Справочник команд приводится полное описание всех команд меню **АПМ WinShaft**.

4. Используемые методы.

4.1. Назначение и классификация **валов**.

Валы и оси служат для установки вращающихся деталей машин, таких как зубчатые колеса, шкивы, звездочки и т.п..

В а л предназначен для поддержания расположенных в нем деталей и для передачи вращающего момента. При работе вал испытывает изгиб и кручение, а в отдельных случаях дополнительно растяжение и сжатие. **О с ь**

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.

4.2. 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.

4.2.1. Расчет статической прочности

Этот расчет является проверочным. С его помощью для вала заданной формы вычисляются значения коэффициентов запаса. Как правило, форма 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, перечисленных в предыдущем разделе.

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 вала.

Помимо геометрических характеристик, в качестве исходных данных при **расчете статической прочности** должны быть заданы нагрузки, действующие на вал, **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 деталей сопряженных с валом.

4.2.2. Расчет вала на сопротивление усталости.

Вращение вала приводит к возникновению переменных по времени напряжений. В случае изменений внешней нагрузки, приложенной к валу, 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 его возникновении и развитии играют местные напряжения. Эти напряжения появляются в местах размещения канавок, галтелей, шлицевых соединений, шпонок, резьбы 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 ниже 2.5. В системе предусмотрен также механизм учета переменности внешних силовых факторов, при котором переменный режим нагружения приводится к эквивалентному постоянному режиму.

4.2.3. 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 системе **АПМ WinShaft** 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 **АПМ WinShaft** 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; **АПМ WinShaft** 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.

4.3. Расчет динамических характеристик вала.

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

АПМ WinShaft позволяет рассчитать как абсолютные значения собственных частот, так и их собственные формы.

В основу определения собственных частот в АПМ WinShaft 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).

Система позволяет рассчитать вал при различных граничных условиях и различных типов опор.

В качестве опор рассматриваются следующие виды:

- Жесткая безмоментная опора (смещение оси вала и реактивный момент равны нулю).

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

- Плотность материала.

- Модуль упругости.

- Коэффициент Пуассона.

Перемещения оси собственной формы вала считается в относительных единицах, то есть абсолютное смещение вала не рассчитывается.

5. Редактор валов АПМ WinShaft.

Редактор валов, входящий в состав системы **АПМ WinShaft**, 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.

Примечание! Основное отличие редактора валов системы **АПМ WinShaft** от традиционных графических редакторов состоит в наборе примитивов с которыми он оперирует. Набор примитивов в системе **АПМ WinShaft** 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 нагрузок, которые могут действовать на вал и опор, на которых он установлен. Это значительно упрощая ввод геометрии вала и других данных, необходимых для выполнения расчетов.

5.1. Компоненты редактора валов.

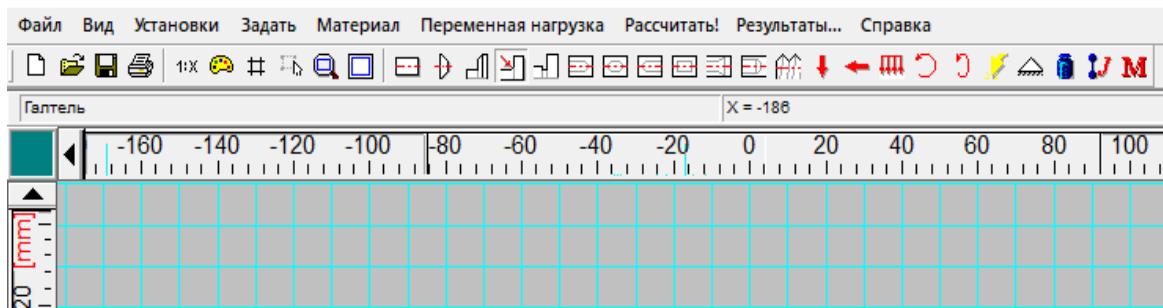


Рис. 1.1 Окно редактора системы АПМ WinShaft

Внешний вид редактора валов АРМ **WinShaft** показан на Рис. 1. 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 кнопки. Полное описание команд инструментальной панели приведено в **Справочнике команд**.

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.

6. Определение элементов конструкции вала.

Используя графический редактор можно задать следующие элементы вала:

конические участки;

фиски;

галтели;

канавки;

отверстия;

участки с резьбой;

шпонки;

шлицевые соединения.

Рассмотрим подробнее операции с ними.

6.1. 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:

- добавление секции слева (рисунок 1.2, а);
- добавление секции справа (рисунок 1.2, б);
- вставка секции (рисунок 1.2, в).

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.

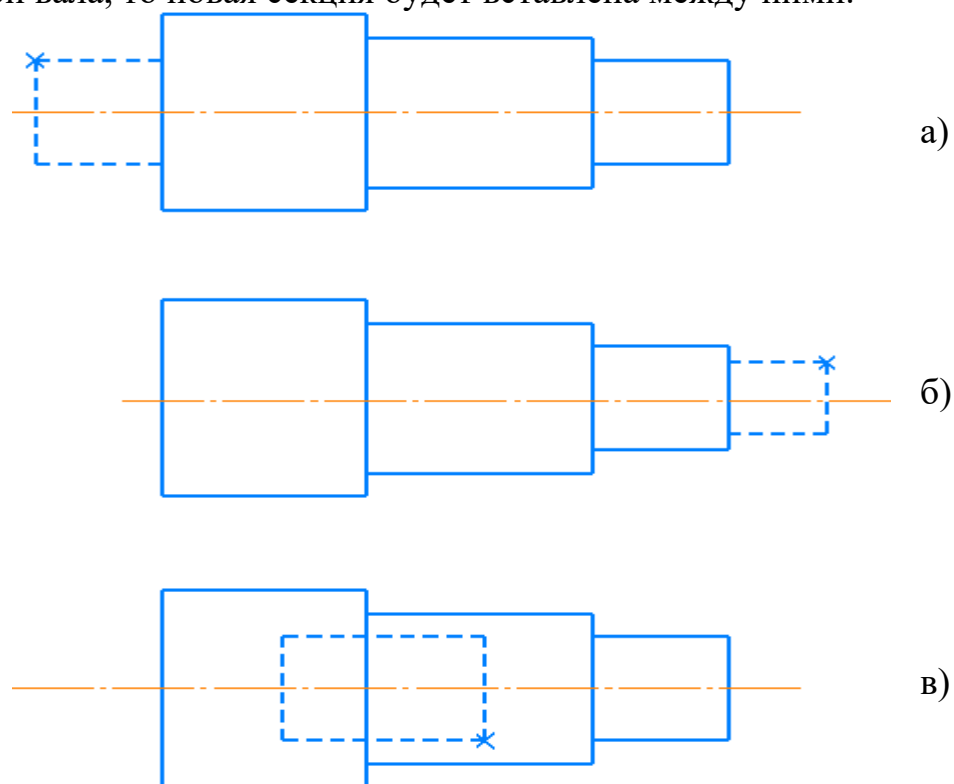


Рисунок 2.2 Добавление новых секций к валу:

- а) добавление секции к правому краю вала,
- б) добавление секции к левому краю вала,
- в) вставка секции внутри вала.

Примечание! 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.

6.2. 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. 3). 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.

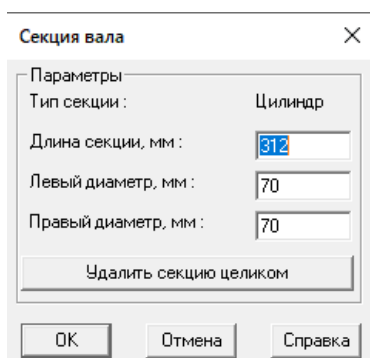


Рисунок 1.3 Диалоговое окно для редактирования параметров секции вала

6.3. Рисование конической секции.

Конический участок в редакторе валов может быть задан тремя способами

- по начальному и конечному радиусам;
- по начальному радиусу и значению конусности;
- 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 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**.

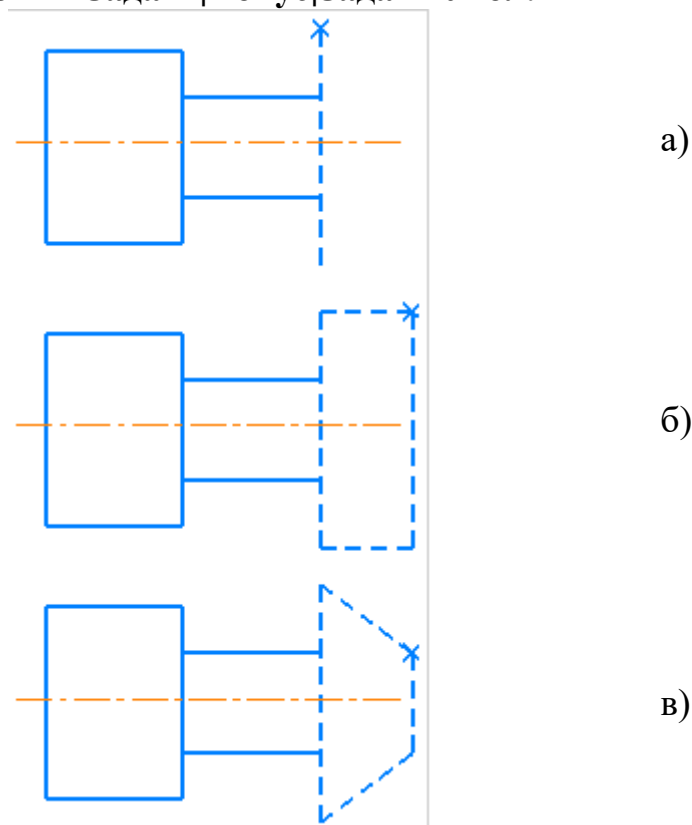


Рисунок 1.4 Последовательность рисования конуса по начальному и конечному радиусам:

- а) задание начального радиуса;
- б) задание длины конического участка;
- в) задание конечного радиуса.

Примечание! 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 (рисунок 1.4). 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 (рисунок 1.4, а). 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 (рисунок 1.4, б). Далее снова перемещайте курсор по вертикали, чтобы установить величину правого радиуса конуса (рисунок 1.4, в). 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.

6.4. Галтели.

• **Галтель** – представляет собой переходный элемент, предназначенный для уменьшения концентрации напряжений в зоне контакта двух участков вала, имеющих различный диаметр (рисунок 1.5).

Чтобы создать 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 требуется ввести радиус галтели.

Редактирование и удаление галтели заключается в следующем. 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.

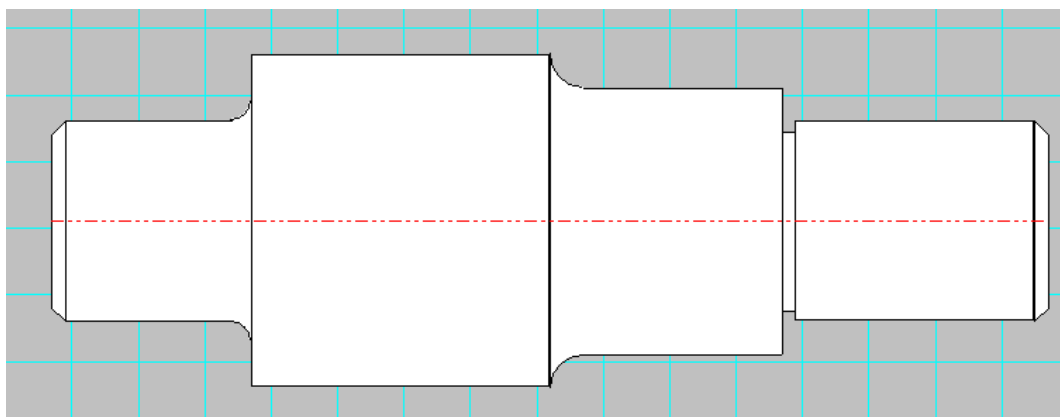


Рисунок 1.5 Редактор АПМ WinShaft. Фрагмент вала с фасками, галтелями и канавкой.

6.5. Фаски.

Фаска представляет собой небольшую коническую расточку на краю цилиндрического участка вала (Рис. 5).

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.

6.6. Канавки.

Программа **Winshaft** позволяет задавать канавки трех типов (см. рисунок 1.6).

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. рисунок 1.6) которое позволит Вам выбрать тип канавки. Вслед за ним будет показано окно (см. рисунок 1.7), в котором Вы можете ввести параметры канавки. По умолчанию используются стандартные значения, которые зависят от диаметра вала.

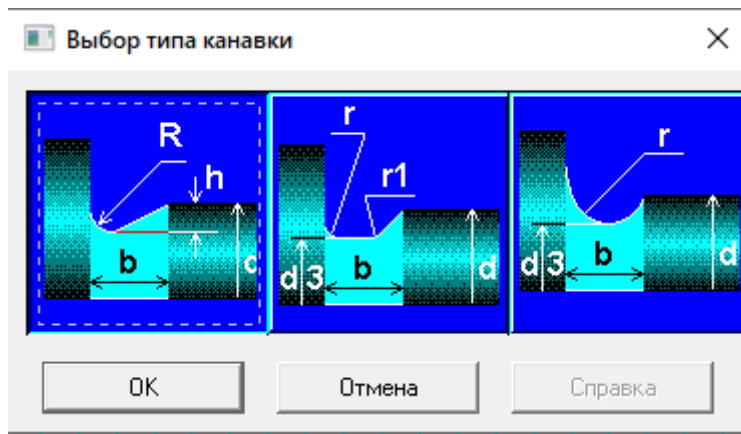


Рисунок 1.6 Диалоговое окно для выбора типа канавки



Рисунок 1.7 Диалоговое окно для редактирования параметров канавки

6.7. Шпонки.

Шпоночные соединения служат для передачи вращающего момента между валом и укрепленной на нем деталью, например ступицей зубчатого колеса. Конструктивно шпонка представляет собой стальной брус, вставляемый в пазы вала и плотно надетой на него детали. В редакторе **АИМ WinShaft** 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.

6.8. Шлицевые соединения.

Шлицевые соединения, как и шпоночные, служат для передачи вращающего момента между валом и посаженной на него деталью. При вводе шлицевого соединения нужно сначала выбрать его тип в меню **Задать | Шлицевое Соединение**—эвольвентный, прямобочный 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.

6.9. Участки с резьбой.

Участки с резьбой (рисунок 1.8) вводятся так же как и шлицевые соединения – указывается одна граница, затем другая, окончательно параметры уточняются в диалоговом окне.

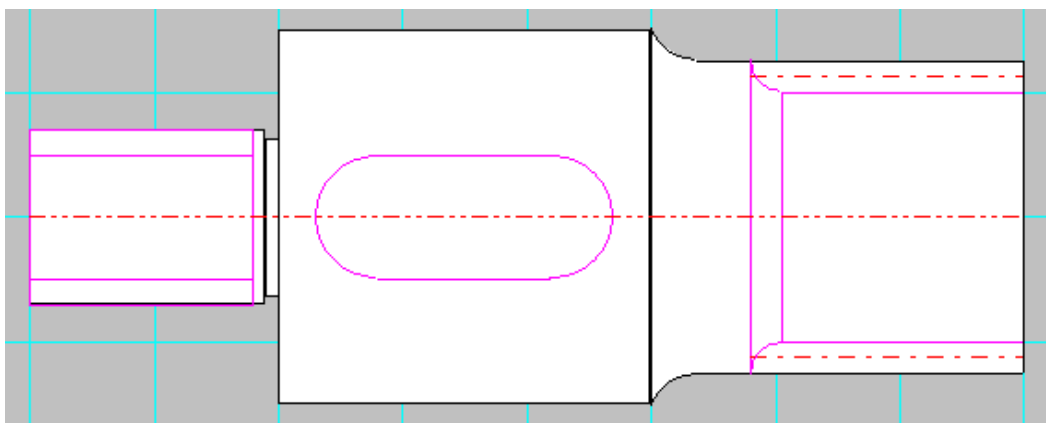


Рисунок 1.8 Редактор АПМ WinShaft.

Фрагмент вала с резьбой, шпоночным и шлицевым соединением

6.10. Осевые и перпендикулярные отверстия.

Редактор АПМ WinShaft 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 WinShaft позволяет также задать перпендикулярные отверстия.

6.11. Поверхностная обработка вала.

Редактор АПМ Win 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.

7.5. Нагрузки, действующие на вал.

С помощью редактора **АИМ WinShaft** можно задать радиальные и осевые сосредоточенные силы, распределенные силы, а также моменты изгиба и кручения.

7.1. 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 (рисунок 1.9). 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 , $Вес_{Двигателя}$.

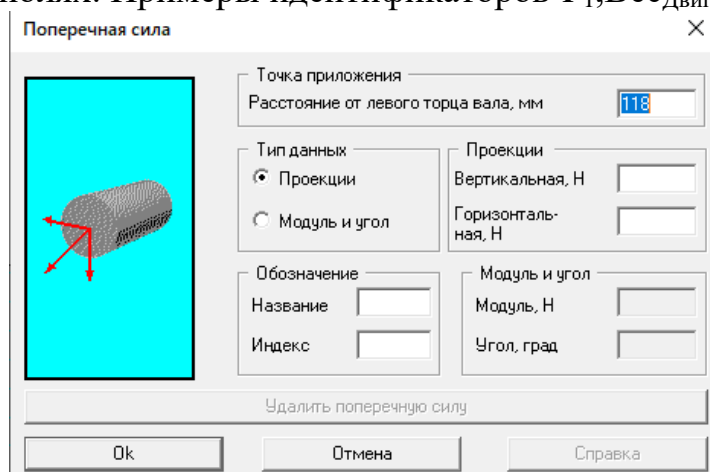


Рисунок 1.9 Диалоговое окно для ввода и редактирования радиальных сил

7.2. Осевые силы.

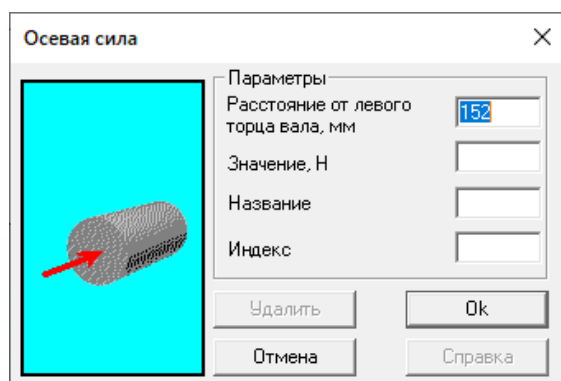


Рисунок 1.10 Диалоговое окно для ввода и редактирования осевых сил

Чтобы задать осевую силу нужно щелкнуть левой кнопкой мыши в точке приложения силы. На экране появляется диалоговое окно (Рис. 10), в котором необходимо ввести величину силы, и уточнить (если необходимо) расстояние до точки приложения силы от начала отсчета длины вала.

7.3. Распределение 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 (рисунок 1.11), в котором Вы можете уточнить границы зоны действия распределенной силы и ввести значения удельной силы, действующие на левой и правой границах.

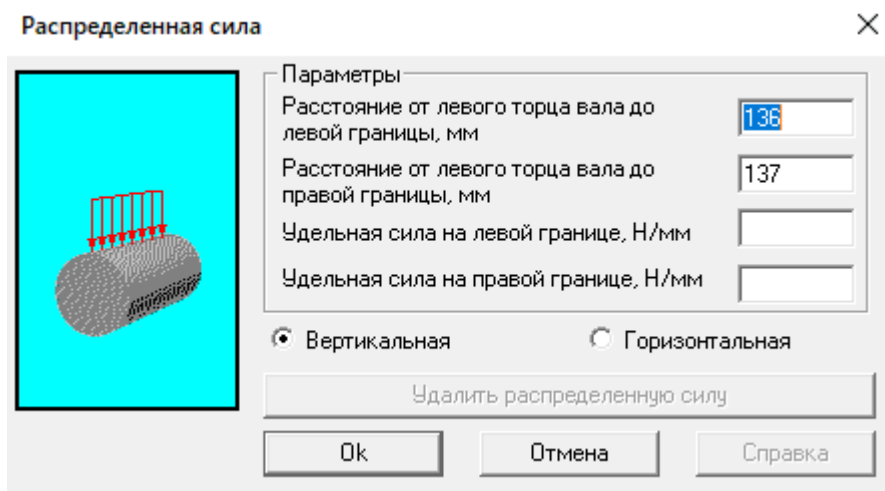


Рисунок 1.11 Диалоговое окно для ввода и редактирования распределенных сил

7.4. Моменты изгиба.

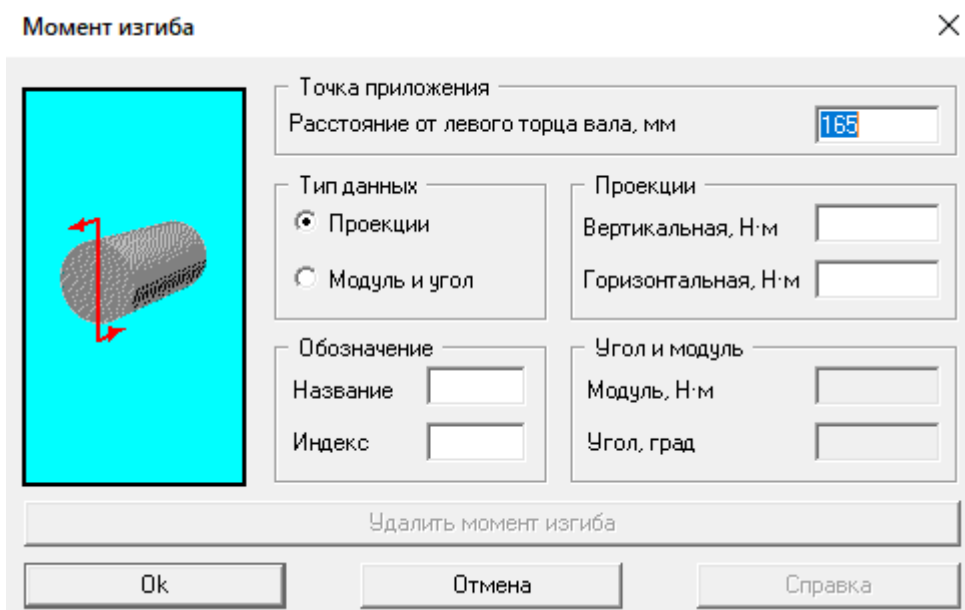


Рисунок 1.12 Диалоговое окно для ввода и редактирования момента изгиба

Момент изгиба задается также как радиальная сила. После щелчка левой кнопкой мыши в точке приложения момента, на экране появляется диалоговое окно(Рис.12),которое позволяет задать момент изгиба либо совокупностью проекций на координатные оси, либо через модуль и угол с вертикалью.

7.5.Моменты кручения.

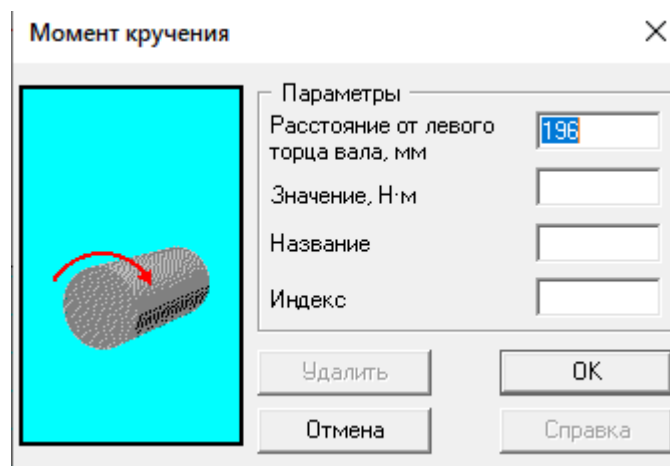


Рисунок 1.13 Диалоговое окно для ввода и редактирования момента кручения

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 (рисунок 1.13) необходимо ввести величину момента.

7.6.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 (рисунок 1.14), в котором Вы можете выбрать тип опоры и уточнить ее параметры.

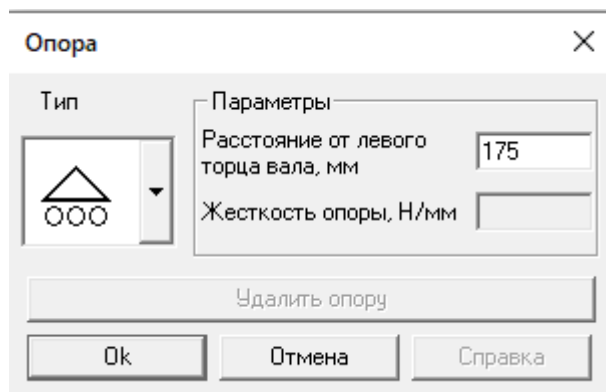


Рисунок 1.14 Диалоговое окно для ввода и редактирования опор

7.7.Команда Результаты

Команда **Результаты** вызывает на экран диалоговое окно (рисунок 1.15), с помощью которого можно просмотреть результаты расчетов. Каждая кнопка этого окна выводит на экран значения соответствующего параметра, представленные в виде графика (рисунок 1.16) или таблицы (рисунок 1.17). Если в диалоге включить флаг *Рисовать вал*, то на графиках расчетных параметров будет показан сам вал.

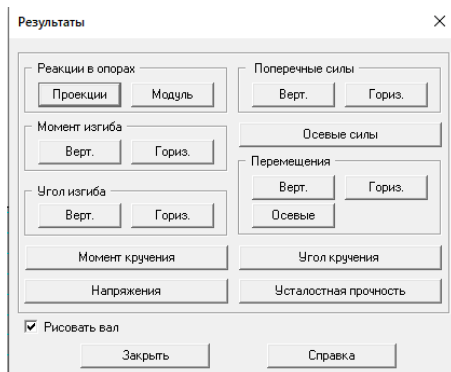


Рисунок 1.15 Диалоговое окно Результаты расчетов

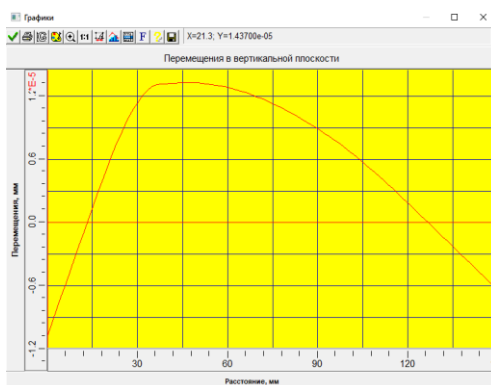


Рисунок 1.16 График перемещений в вертикальной плоскости

N	Координата ...	Осевая реак...	Радиальная ...	Верт. реакци...	Гориз. реак...
1	175.000	0.000	1.253	-1.253	0.000
2	321.000	0.000	0.253	0.253	0.000

Рисунок 1.17 Таблица значений величин реакций в опорах вала



<https://www.youtube.com/watch?v=Vpd4O6m4xrY&list=PL818A7A3D3401FDAD&index=9>

5. Расчет подшипников качения APM Bear

5.1. Общие сведения

В APM Bear выполняется комплекс проверочных расчетов подшипников качения. Расчет может вестись как при постоянном, так и при переменном режимах нагружения. С помощью модуля APM Bear можно рассчитать перемещения (жесткость), долговечность, момент трения, наибольшие контактные напряжения, потери мощности, тепловыделение, силы, действующие на тела качения.

Нагрузки, действующие на подшипник, могут быть произвольными, при этом в качестве внешней нагрузки можно рассматривать также и силу преднатяга. Величина преднатяга в зависимости от типа подшипника задается либо в виде приложенной осевой (радиальной) нагрузки, либо в виде радиальных (осевых) перемещений.

Для случая, когда действующие на вал внешние нагрузки изменяются во времени, имеется специализированный графический редактор с полным набором необходимых для ввода переменных параметров функций.

Распределение нагрузок на тела качения существенно влияет на долговечность подшипника. Расчет на долговечность сводится к определению времени работы подшипника до момента начала выкрашивания дорожек качения.

5.2. Пример расчета подшипникового узла

Рассчитать подшипниковый узел, состоящий из двух шариковых радиально-упорных подшипников, со следующими параметрами:

- тип подшипника – 46307;
- класс точности – 0;
- скорость вращения – 120 об/мин;
- схема установки – «О» (в растяжку);
- радиальная сила на нагруженной опоре – 12000 Н;
- радиальная сила на ненагруженной опоре – 12000 Н;
- осевая сила – 8000 Н;
- величина осевого преднатяга – 1500 Н;
- коэффициент динамичности – 1,2;
- режим работы – нестандартный, задается пользователем.

Из меню «Пуск | Программы» или с Рабочего стола запустите APM WinMachine | APM Bear.

Выбор типа подшипника

Зайдите в меню «Данные | Тип подшипника...» и в открывшемся диалоговом окне «Выберите тип подшипника» выберите «Шариковый радиально-упорный подшипник».

Задание геометрии подшипника

Геометрические параметры подшипника могут быть заданы двумя способами: вручную и из базы данных. Откройте меню «Данные | Геометрия...» и в открывшемся диалоговом окне «Радиально-упорный шариковый подшипник»

задайте параметры рассчитываемого подшипника, внося их значения в соответствующие поля ввода, или воспользуйтесь кнопкой «База Данных». В нашем примере воспользуемся базой данных и в открывшемся диалоговом окне «Выберите данные» из выпадающего списка «Подтип» выберем «Средняя серия», поскольку заданный тип подшипника относится к средней серии. В открывшемся списке найдите номер подшипника 46307. После нажатия кнопки «Выбрать» все параметры требуемого подшипника автоматически переписываются в поля ввода окна «Радиально-упорный шариковый подшипник».

Задание точности изготовления подшипника

Выбор точности изготовления также может быть сделан двумя способами: вручную и из базы данных (если подшипник стандартный).

Задание условий работы подшипника

Войдите в меню «Данные | Условия работы...» и в открывшемся диалоговом окне «Шариковый радиально-упорный подшипник» задайте параметры нагрузки, а именно:

- тип установки – «О»;
- «Осевая сила, Н» – 8000;
- «Рад. сила на нагр. опоре, Н» – 12000;
- «Рад. сила на ненагр. опоре, Н» – 12000;
- «Осевая сила преднатяга, Н» – 1500;
- «Скорость вращения, об/мин» – 120;
- «Кэфф. динамичности» – 1,2.

Для задания нестандартного режима работы выберите опцию «Переменная нагрузка | Задать переменную нагрузку», режим нагружения – «Задан пользователем» и в открывшемся окне «Режим нагружения» постройте график режима работы, указывая левой клавишей мыши точки на экране (рис. 2). После ввода точек графика выберите тип их соединения – с помощью сплайна или линейное. В данном примере точки соединяются сплайном.

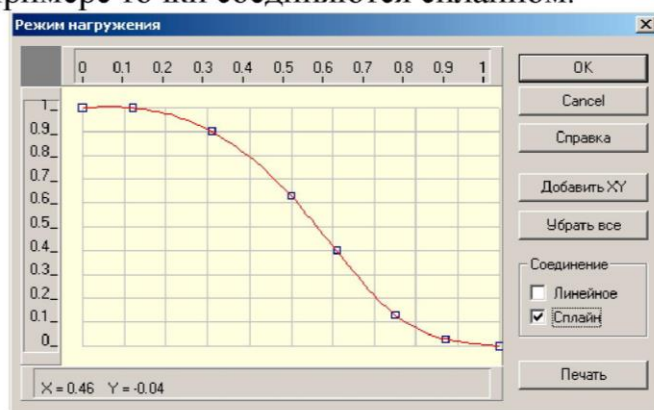




Рис. 2. График режима работы

Выполнение расчета и просмотр результатов

Для проведения расчета нажмите пиктограмму  или выберите меню «Расчет». Для просмотра результатов расчета воспользуйтесь пиктограммой  или меню «Результаты». Открывшееся диалоговое окно «Результаты» со-

держит общие результаты расчета по нагруженному или ненагруженному подшипнику (группа параметров «Резюме»). Нажатием соответствующих кнопок можно вызвать диалоговые окна просмотра отдельных параметров подшипника, таких как момент трения, потери мощности, различные биения и т.д.

Задание дополнительных параметров

Для получения дополнительной информации о величине долговечности, рассчитанной по стандартной методике, а также о долговечности импортных подшипников, нажмите в окне «Результаты» кнопку «Еще». Это приведет к открытию диалогового окна «Дополнительные параметры» (рис. 3).

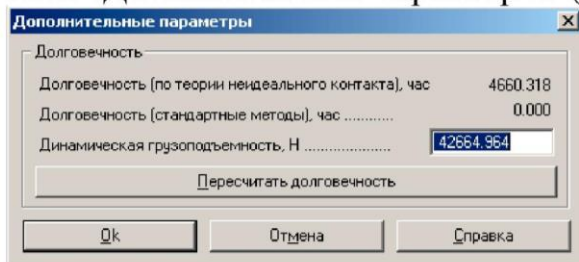



Рис. 3. Окно «Дополнительные параметры»

В рассматриваемом примере программа не определила долговечность стандартными методами. Это связано с особенностями исходных данных: изначально был задан осевой преднатяг, а стандартная методика *не позволяет* проводить расчет подшипника с преднатягом. Поэтому в поле «Динамическая грузоподъемность, Н» введите соответствующее значение этого параметра для требуемого подшипника и нажмите кнопку «Пересчитать долговечность». После пересчета будет показано значение долговечности для подшипника с введенной динамической грузоподъемностью.

Вывод результатов расчета на печать

Для вывода результатов расчета на печать воспользуйтесь пиктограммой  или меню «Файл | Печать». В открывшемся окне «Выбор результатов для печати» отметьте флажками те результаты, которые требуется вывести на печать для выбранного (нагруженного или ненагруженного) подшипника. Вывод результатов расчета осуществляется либо сразу на принтер (кнопка «Печать»), либо в текстовый файл формата *.rtf (кнопка «RTF»).



<https://www.youtube.com/watch?v=WJCGJNJ3dFc&list=PL818A7A3D3401FDAD&index=5>

6. МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ APM WINSTRUCTURE3D.

Назначение: Программа **APM WinStructure3D** представляет модуль, предназначенный для комплексного анализа трехмерных протяженных конструкций (рамных, пластинчатых, оболочечных, а также смешанных) состоящих из конечных элементов.

С помощью программы Вы можете рассчитать произвольную трехмерную конструкцию, состоящую из стержней произвольного поперечного сечения, пластин и оболочек при

произвольном нагружении и закреплении. При этом соединения элементов в узлах может быть как жестким, так и шарнирным.

4. Запуск программы: Пуск→Программы→APM WinMachine→APM WinStructure3D→Enter.

5. Теоретические сведения.

2.1. Возможности системы.

В результате выполненных системой **АПМ WinStructure 3D** расчетов можно получить следующую информацию:

- * нагрузки на концах элементов конструкции;
- * карту напряжений по длине стержней и по поверхности пластин и оболочек конструкции;
- * перемещения произвольной точки;
- * карту распределения напряжений в произвольном сечении стержня;
- * для отдельного стержня конструкции - эпюры изгибающих и крутящих моментов, поперечных и осевых сил и т.д.

3. Исходные данные и результаты

3.1. Редактор трехмерных конструкций.

Редактор конструкций содержит в себе окна видов, меню, панели управления и панель состояния. Элементами вида являются узлы, стержни, нагрузки различного вида, вспомогательные точки, такие как центр вращения и центр локальной системы координат и т.д. Все элементы вида изображаются отдельным цветом.

В редакторе пользователю доступны 4 вида, которые представляют из себя отдельные окна, которые можно открывать, закрывать и располагать на экране так, как это удобно пользователю. Изначально видовые плоскости установлены как вид спереди, слева, сверху и произвольный или изометрический.

Для того чтобы изображение оптимально размещалось на экране пользователь может его *масштабировать* и *прокручивать*. Масштаб изображения - это величина, показывающая отношение размеров изображения к реальному размеру объекта. Прокрутка - это операция передвижения или сдвига изображения относительно окна.

Элементы редактора и вида показаны ниже (рисунок 1).

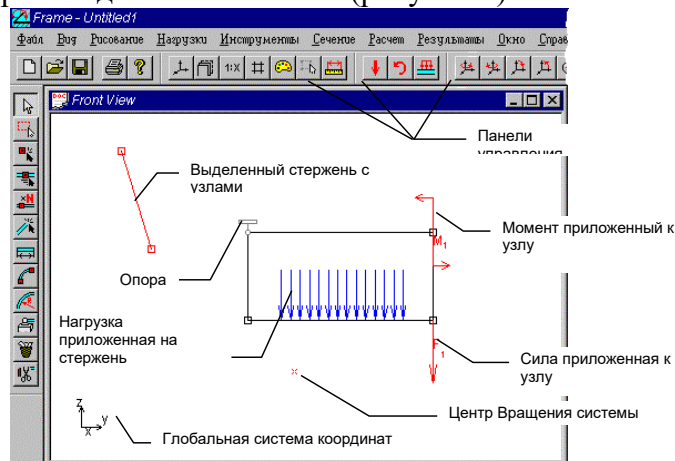


Рисунок 1. Элементы редактора и вида.

3.2. Задание элементов конструкции.

Основными элементами рамной конструкции являются узлы, стержни и пластины. Узел - это точка соединения нескольких стержней. Стержень - прямолинейная балка. Пластина - плоский трех или четырех - узловый элемент.

Узлы, стержни и пластины могут вводиться в произвольной последовательности. Задание узлов довольно простая операция. Вначале необходимо выбрать такую видовую плоскость, чтобы она содержала в себе ту точку, в которую Вы хотите поместить узел, после этого, следя за координатами в панели управления, необходимо щелкнуть мышкой в точке с нужной координатой.

Стержни могут быть созданы двумя способами.

Первый способ (команда **Нарисовать | Стержень | По Координатам**) позволяет Вам рисовать стержень, используя координаты его узлов. Вы можете выбирать существующие узлы в качестве начальных точек или создавать новые.

Второй способ позволяет рисовать стержень, задавая начальный узел, направление и длину. Для его использования выберите команду **Нарисовать | Стержень | По Длине и Углу**.

Пластина может быть задана как параллелограмм или как произвольный четырехугольник. Для этого используются команды Команда **Нарисовать | Пластина | Параллелограмм** и **Нарисовать | Пластина | По Четырем Узлам** соответственно.

Редактор поддерживает различные тип опор. Опора в редакторе рассматривается как параметр узла. Опора определяется следующими параметрами: запретами перемещений узла вдоль осей X, Y, Z и запретами поворота узла вокруг осей X, Y, Z. Команда **Нарисовать | Опора** устанавливает режим простановки опор.

Нагрузки в редакторе могут быть приложены как к узлам, так и к стержням. К узлам могут быть приложены только сосредоточенные нагрузки - силы и моменты, к стержням как сосредоточенные, так и распределенные нагрузки.

3.3. Редактор сечений.

Перед выполнением расчета пользователь должен задать сечение и параметры материала для каждого стержня. Сечение может быть задано как для всех стержней, так и для и выделенных стержней. Параметры материала устанавливаются по умолчанию (сталь Ст3), но могут быть изменены так же, как и сечение, как для всех, так и для выделенных стержней (рисунок 2).

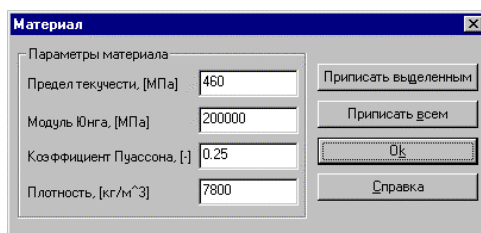


Рисунок 2. Диалоговое окно Материал

Редактор сечений позволяет пользователю нарисовать сечение и сохранить его в отдельном файле или добавить его в библиотеку сечений. В дальнейшем, сечения находящиеся в библиотеке могут использоваться для задания сечения стержней в редакторе трехмерных рамных конструкций. Редактор сечений вызывается по команде **Файл | Новый | Сечение**.

Процесс задание сечения полностью совпадает с заданием сечения в редакторах балок. Совпадают и команды этих двух редакторов. Кроме команд рисования сечения в редактор сечений WinStructure3D добавлены команды для создания библиотеки сечений, а также добавления и получения сечения из уже существующей библиотеки.

Все геометрические объекты (линия, отрезок, окружность, дуга, точка), рисуемые с помощью редактора поперечного сечения, делятся на *основные* и *вспомогательные*.

Для задания основных и вспомогательных элементов в АПМ WinStructure3D используются разные команды: для основных элементов команды всплывающего меню **Рисование**, для вспомогательных—команды меню **Построение**. Основные и вспомогательные элементы различаются внешне—первые изображаются сплошными линиями, вторые—пунктирными и по назначению—из основных объектов рисуются замкнутые контуры, которыми и задается результирующее сечение.

Чтобы нарисовать или отредактировать какой либо элемент, нужно переключить редактор в режим рисования этого элемента. Для этого нужно выбрать либо соответствующую кнопку на инструментальной панели, либо команду в меню.

Рисование элемента (примитива) сводится к заданию точек, определяющих его размеры и положение на плоскости, причем эти точки и порядок их ввода зависят от того каким образом рисуется объект. Так, например, если вы строите окружность по центру и радиусу, то сначала нужно задать центр окружности, а затем установить требуемый радиус. Чтобы задать точку нужно подвести к ней курсор и нажать *левую* кнопку мыши. В процессе перемещения курсора

при рисовании примитива на экране рисуется текущая форма (или текущие габариты) элемента, а в окне статуса выводятся текущие значения основных параметров. Нажатие **правой** кнопки мыши в большинстве случаев приводит к отмене предыдущей команды.

Сечение представляется двумерной областью, а **двумерная область** определяется в редакторе сечений набором контуров. **Контуром** является замкнутая кривая, состоящая из основных элементов, т.е. построенных с помощью команд меню **Построение**. Пользователю предлагаются два вида контуров, которые называются внешний и внутренний. Они различаются вкладом, который дают в результирующую поверхность. Внешний контур отображается толстой линией синего цвета, внутренний — красного. Область, ограниченная внешним контуром, включается в результирующую поверхность, а ограниченная внутренним контуром исключается из неё. На рисунке внизу дается поясняющий пример. Цифрами показаны номера контуров, внешние контура синим цветом, внутренние — красным, а результирующая поверхность — серым.

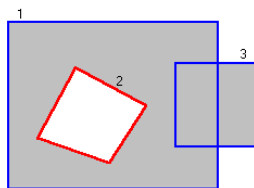


Рисунок 3. Пример поверхности и образующих ее контуров.

Чтобы задать контур необходимо сначала его нарисовать, а затем определить его как внешний или внутренний, используя команды **Контур | Внешний** и **Контур | Внутренний**.

После того как сечение нарисовано, для добавления его в библиотеку необходимо выбрать команду меню **Добавить в библиотеку**. На экране появится окно диалога, показанное ниже.

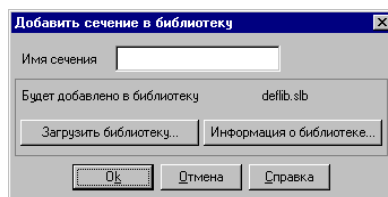


Рисунок 4. Диалоговое окно Добавить сечение в библиотеку.

В поле ввода *Имя сечения* введите имя для нового сечения. В строке ниже указано имя библиотеки, куда оно будет добавлено. Для изменения библиотеки нажмите кнопку *Загрузить библиотеку...* и выберите требуемую.

Для загрузки сечения из библиотеки выберите пункт меню **Получить из библиотеки**.

3.4. Расчет конструкции.

Команды этого раздела позволяют производить расчет и задавать его параметры.

После вызова команды **Расчет** на экране появляется диалоговое окно, запрашивающее тип производимого расчета.

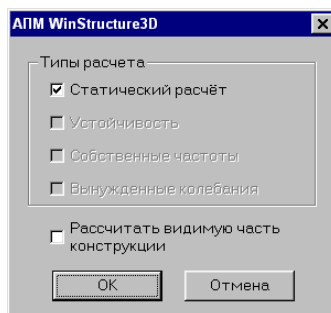


Рисунок 5. Окно Типы Расчета

В процессе расчета на экране показывается диалоговое окно, отображающее стадию расчета.

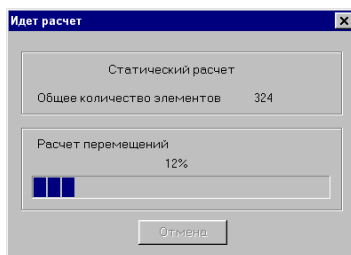


Рисунок 6. Диалоговое окно Идет Расчет

3.5. Результаты расчета.

Результатом расчета конструкции являются:

Для статического расчета

- Перемещения узлов конструкции (линейные и угловые).
- Нагрузки на концах стержней и в узлах пластин.
- Карта напряжений и деформаций конструкции.
- Карта напряжений в произвольном сечении стержня.
- Расчетные параметры, характерные для отдельной балки, такие как: моменты изгиба, кручения, боковые и осевые силы, углы изгиба, закручивания, деформации, и напряжения по длине балки. Все эти параметры, представленные в форме графиков, выводятся в системе координат стержня. В системе можно просмотреть величины как относительных деформации (перемещения относительно линии, соединяющей два деформированных конца стержня) так и величины полной деформации. В случае, когда рамная конструкция состоит из единственной балки графики перемещений значения абсолютных и относительных перемещений совпадают.
- Масса всей конструкции.

Для расчета устойчивости:

- Коэффициент запаса (потери) устойчивости конструкции.

Для расчета собственных колебаний:

- Частоты собственных колебаний и их собственные формы.

Для расчета вынужденных колебаний

- Узловые перемещения в заданные моменты времени.
- Наибольшие эквивалентные напряжения по длине элемента рамной конструкции в заданные моменты времени.



<https://www.youtube.com/watch?v=LXIsVJEFRts>

7 ПРОГРАММА АРМ WIN САМ ДЛЯ РАСЧЕТА КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

1 АРМ Сам представляет собой систему расчёта кулачковых механизмов «sam» (кулачек).

Система позволяет рассчитать и спроектировать четыре типа кулачковых механизмов:

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

С помощью системы АРМ Сам можно рассчитать следующие характеристики кулачковых механизмов:

- профиль кулачка;

- координаты внутренней и внешней огибающей центрального профиля для кулачков с роликами;

- углы давления.

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

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

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

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

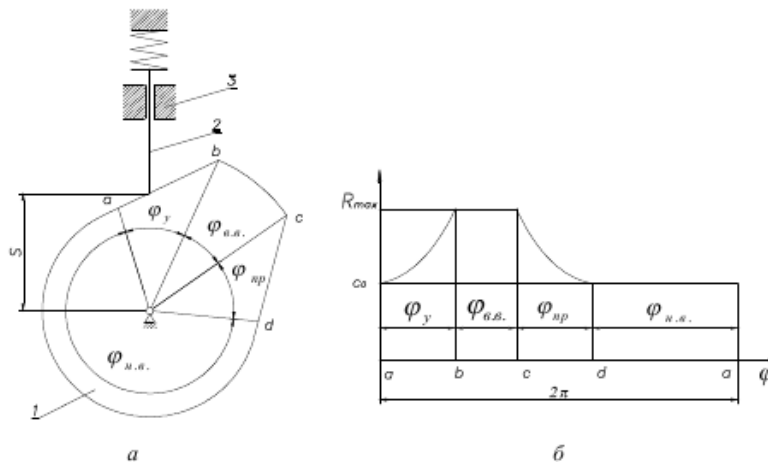


Рисунок 1.1. Схема кулачкового механизма и закон движения толкателя Основные геометрические параметры кулачкового механизма: профильные углы (приближения $\varphi_{пр.}$, верхнего выстоя $\varphi_{в.в.}$, удаления φ_y , нижнего выстоя $\varphi_{н.в.}$); ход толкателя S_{\max} ; смещение толкателя e .

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

Выполняя различные профили кулачка, можно осуществить практически любое необходимое сочетание интервалов движения и остановок толкателя. Например, за счет дуги концентрической окружности на некоторой части профиля ab можно получить промежуточную остановку толкателя в любой, наперед заданный, момент удаления. Основным свойством кулачковых механизмов является возможность получения любого, наперед заданного закона

движения ведомого звена, в том числе и движения с остановками толкателя заданной продолжительности. Это свойство, присущее только кулачковым механизмам, является их основной отличительной особенностью и преимуществом по сравнению с другими механизмами. К недостаткам кулачковых механизмов относятся:

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

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

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

Механизмы первого типа отличаются более простой по сравнению с механизмами других типов конструкцией и применяются во многих машинах. Лучшими характеристиками обладают механизмы второго типа, чем и объясняется их наиболее широкое распространение в технике.

Механизмы третьего типа, не имея преимуществ по сравнению с первыми, сложнее их по конструкции, поэтому применять такие не рекомендуется, и встречаются они редко.

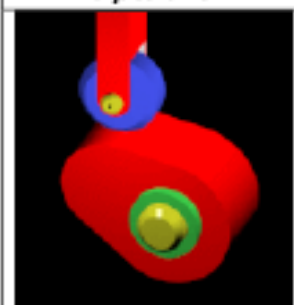
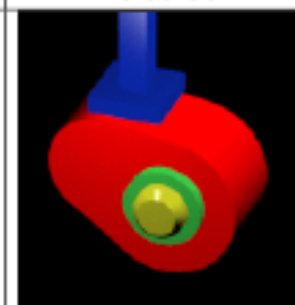
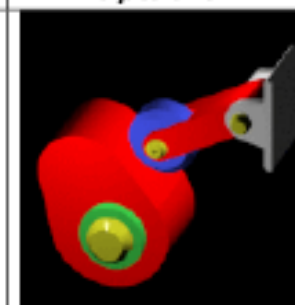
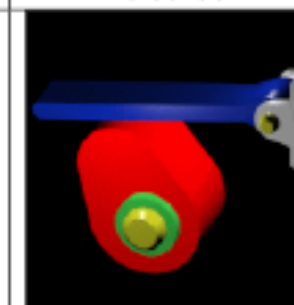
2 Общие сведения о системе АРМ Сам

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

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

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

Таблица 1.1 – Типы кулачковых механизмов: исходные данные и результаты

Поступательный толкатель		Коромысло	
с роликом	плоский	с роликом	плоское
			

Система АРМ Сам предназначена для работы под управлением операционной системы MS Windows всех модификаций. Интерфейс пользователя АРМ Сам прост и понятен. Для изучения системы АРМ Сам и начала работы с ней Вам потребуется не более 1-2 сеансов. В этой главе описаны основные элементы пользовательского интерфейса программы. Общий вид системы АРМ Сам представлен на рисунке 2.1. Описание всех команд главного и пиктографического меню приводится в справочнике.

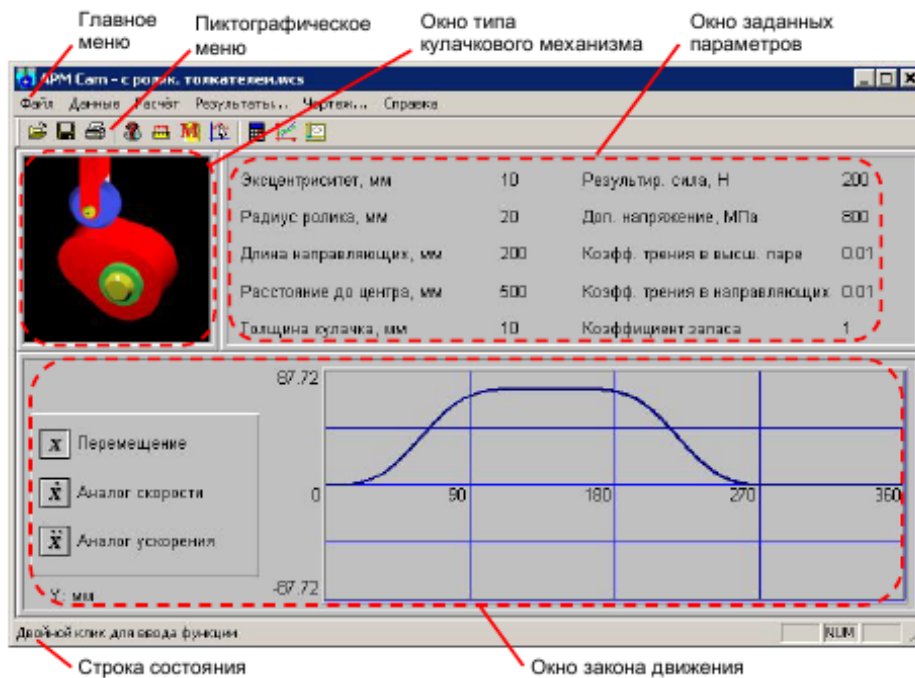


Рисунок 2.1 Общий вид системы ARM Cam

3 Начало работы

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

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

1. Ввод исходных данных.
 - 1.1. Выбор типа кулачкового механизма.
 - 1.2. Ввод геометрических данных.
 - 1.3. Ввод физических данных.
 - 1.4. Задание закона движения.
2. Выполнение расчета.
3. Просмотр результатов.
4. Создание рабочего чертежа.
5. Сохранение исходных данных и результатов расчета.
6. Печать исходных данных и результатов расчета.

Ввод исходных данных

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

Выбор типа кулачкового механизма

Выбрать тип кулачкового механизма можно тремя способами:

- выбрать команду Данные | Тип; дважды щелкнуть мышкой в окне «Тип кулачкового механизма» (рисунке 2.1). Если тип ранее не выбран, в данном окне выводится соответствующее предупреждение; нажать комбинацию клавиш Ctrl + T. В появившемся диалоговом окне (рисунке 3.1) выберете тип кулачкового механизма и нажмите «Ок». Проконтролировать выбор можно по изображению, расположенному слева. Одновременно команды Геометрические данные... и Физические данные... меню

Данные становятся доступными.

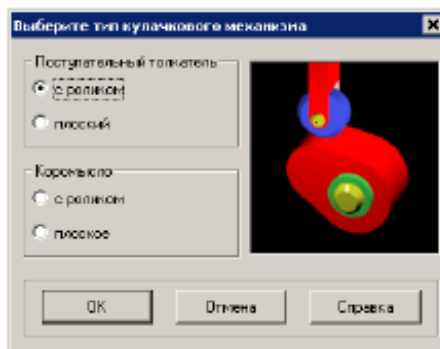


Рисунок 3.1 Диалоговое окно выбора типа кулачкового механизма.

Ввод геометрических данных

Вызвать диалоговое окно ввода геометрических данных можно тремя способами: выбрать команду Данные | Геометрические данные...; дважды щелкнуть мышкой по левой части окна «Заданные параметры» (рисунок 2.1).

- нажать комбинацию клавиш Ctrl + G.

В появившемся диалоговом окне (рисунок 3.3) введите геометрические данные и нажмите «Ок». Проконтролировать выбор можно по изображению, расположенному справа. Содержание этого окна зависит от типа кулачкового механизма.

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

В обоих окнах действует проверка вводимых параметров. Проверка активизируется после нажатия кнопки «Ок». В случае если введённые данные лежат в допустимых пределах, окно закрывается, и Вы сможете провести вычисления. Если же хоть один из введённых параметров выходит за пределы области допустимых значений, то система выдаст окно с предупреждением о некорректности параметра (рис. 3.4).

Задание закона движения

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

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

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

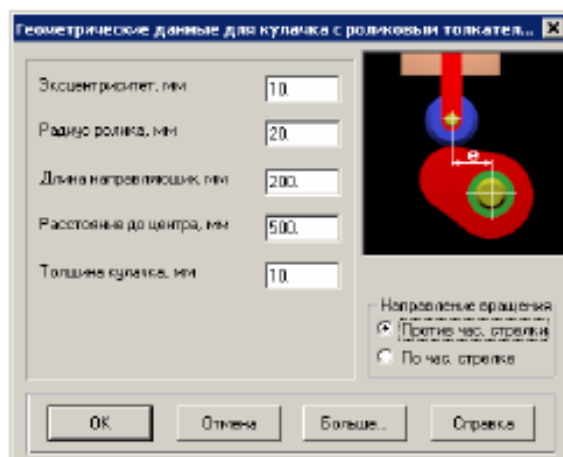


Рис. 3.2 Диалоговое окно ввода основных геометрических данных.

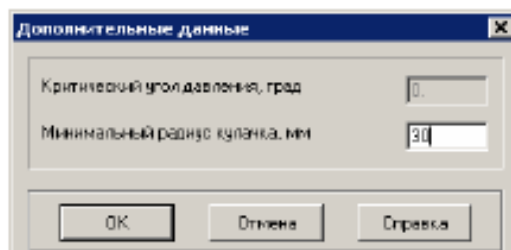


Рис. 3.3 Диалоговое окно ввода дополнительных геометрических данных.

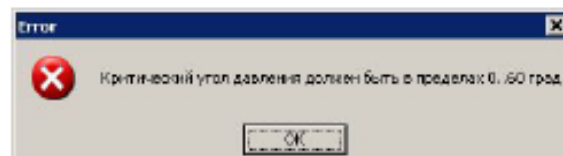


Рис. 3.4 Сообщение о некорректности параметра.

Выполнение расчета

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

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

Во время расчета появляется информационное окно, показывающее процент выполнения вычислений. Если система не может рассчитать кулачок с указанными параметрами, то выводится сообщение об ошибке (рисунок 3.5). Измените значения исходных данных и повторите вычисления.

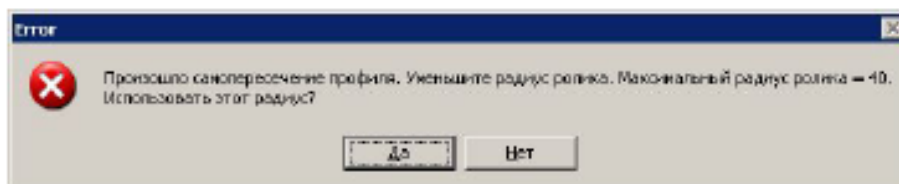


Рисунок 3.5 Сообщение об ошибке при расчёте.

Просмотр результатов

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

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

На экране появится диалоговое окно (рисунок 3.6) выбора результатов для просмотра. Каждая

кнопка окна отвечает за демонстрацию отдельной группы результатов. Содержание окна зависит от типа кулачкового механизма. На рисунке 3.8 показано окно для кулачкового механизма с поступательным роликовым толкателем. Рассмотрим результаты подробнее.

При расчете результатов шаг угла поворота кулачка принимается равным 1° .

Кнопка «Профиль кулачка» вызывает диалоговое окно (рисунок 3.7) для просмотра анимации движения кулачкового механизма.

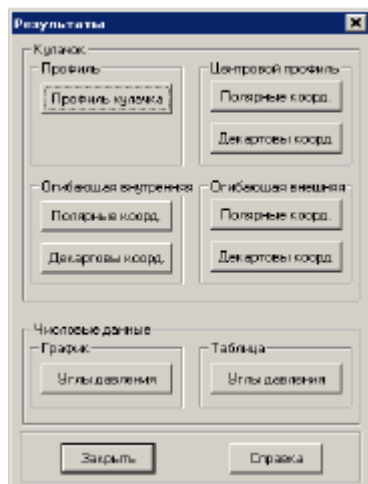


Рисунок 3.6 Диалоговое окно выбора результатов для просмотра.

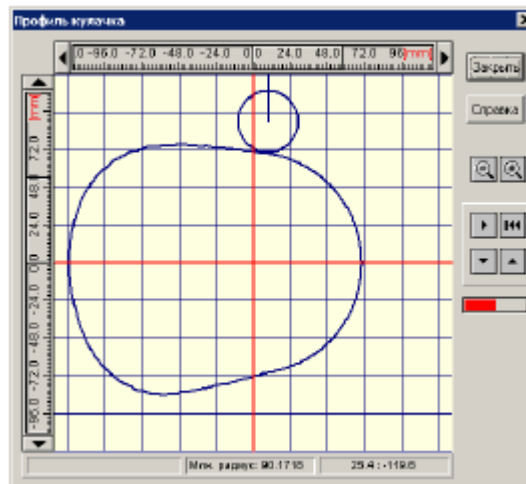


Рисунок 3.7 Диалоговое окно Профиль кулачка.



<https://www.youtube.com/watch?v=f8b1QQX3mgc&list=PL818A7A3D3401FDAD&index=6>

8 проектирование механических передач вращения APM TRANS

8.1 Краткие сведения об APM TRANS

Модуль *APM Trans* предназначен для проектировочного и проверочного расчетов механических передач вращения, т.е. элементарных механизмов, служащих для передачи крутящего момента от одного вала (ведущего) другому (ведомому).

Проектировочный расчет – рассчитываются основные геометрические размеры передачи, основываясь на критериях усталостной прочности на изгиб и сопротивления выкрашиванию. При проектировочном расчете известными считаются выходные кинематические и энергетические параметры, а результатом является определение геометрических размеров передачи при выбранных материалах и термообработке.

Проверочный расчет – определяется нагрузочная способность передачи при заданных значениях параметров. Реализовано два вида проверочных расчетов: определение максимального момента при заданной долговечности и определение долговечности при заданной нагрузке.

С помощью *APM Trans* можно также получить рабочие чертежи основных деталей передач в автоматическом режиме. Критерием при расчетах цилиндрических, конических и червячных передач является усталостная контактная прочность и усталостная прочность на изгиб.

Для прочностных расчетов передач используются методы, рекомендованные ISO. При расчете геометрических параметров используются стандарты:

– для цилиндрических передач: СТ СЭВ 308-76; ГОСТ 2475-62; ГОСТ 3722-60; СТ СЭВ 154-75; СТ СЭВ 278-76; СТ СЭВ 279-76.

– для конических передач: ГОСТ 13754-81; ГОСТ 16202-81; СТ СЭВ 310-76; ГОСТ 11902-77.

– для червячных передач: СТ СЭВ 266-76.

APM Trans позволяет рассчитать наиболее часто используемые типы передач вращения (рис. 1).



Рис.1. Типы передач, представленных в *APM Trans*

4.2 Методика проведения расчетов

Из меню «Пуск | Программы» или с Рабочего стола запустите APM WinMachine | APM Trans.


Выбор типа передачи

Воспользуйтесь пиктограммой  или меню «Тип | Передачи...». В появившемся меню выберите необходимый тип передачи и нажмите кнопку .

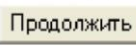
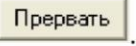
Выбор типа расчета

В меню «Тип | Расчета» выберите одну из трех возможностей: «Проектировочный», «Проверка по ресурсу», «Проверка по моменту».

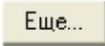
Ввод основных данных

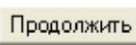

Выберите пиктограмму  или меню «Данные...», после чего появляется панель для ввода основных данных (таблица с требуемыми данными варьируется в зависимости от выбранного типа расчета).

Замечание. Заполнение всех ячеек обязательно.

Для сохранения основных исходных данных нажмите на кнопку , а для отмены сохранения и выхода из меню – на кнопку .


Ввод дополнительных данных


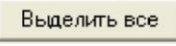
Выбрав в меню «Основные данные» кнопку , можно задать дополнительные данные (заполнять можно только требующиеся ячейки, оставляя остальные без изменения). Пункты меню заполняются в тех случаях, когда имеются определенные требования на габаритные размеры передачи (модуль, межосевое расстояние и т.д.), на материал зубчатых колес (марка материала, твердость и т.д.) и т.д. Все данные, которые останутся незаполненными, будут рассчитаны программой и предложены пользователю для оценки.

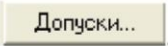
Для сохранения дополнительных исходных данных нажмите на кнопку , а для отмены сохранения и выхода из меню – на кнопку .

Замечание. При выходе из меню система может уточнить значения некоторых параметров.

Выполнение расчета

Для проведения расчета вызовите меню «Расчет» или нажмите на пиктограмму .

Для анализа полученных результатов выберите пункт меню «Результаты...» или пиктограмму . В появившемся меню «галочками» отметьте интересующие таблицы результатов (если интересуют все данные, целесообразно воспользоваться кнопкой ).

Кнопка  позволяет просмотреть геометрию зацепления, а также ее анимацию (пиктограммы  и ). Нажав на кнопку , можно изменить рассчитанный класс точности и вид сопряжения.

Если полученные результаты не удовлетворяют заданным требованиям, необходимо произвести изменение исходных данных. Для повторных расчетов с другими исходными данными нажмите на кнопку **Пересчёт**, а затем для сохранения изменений на кнопку **ОК** или для их отмены – на кнопку **Отмена**.

Для просмотра выбранных результатов нажмите на кнопку **Продолжить**, которая также применяется для пролистывания таблиц результатов. Для выхода можно использовать кнопку **Прервать**.

Выбор элемента передачи для черчения

Для создания чертежа в меню результатов «галочкой» отметьте пункт «Чертеж...». В появившемся меню выберите тип колеса, которое необходимо начертить: ведущий (шестерня) или ведомый (колесо). После выбора объекта черчения нажмите кнопку **Ок** для продолжения создания чертежа или кнопку **Прервать** для выхода из меню.

Замечание. Если выбран элемент «ведущий» и тип передачи «цилиндрические передачи», то появится вопрос, «какой тип шестерни вы хотите выбрать?».

Заполнение данных для чертежа

Выберите необходимый блок в меню «Данные» или щелкните два раза левой клавишей мыши на требующемся блоке на экране (в зависимости от типа передачи может быть представлено либо три, либо четыре блока: «Штамп...», «Исполнение...», «Таблица зацепления...» и «Технические требования...»). Изменения можно вносить только в поля с белым фоном.


Замечание. Программа не производит расчет ступицы, а задает для всех случаев одни и те же основные параметры: $L_{ст} = 100$ мм, $D_{ст} = 40H7$ и т.д.

Создание чертежа

Для создания чертежа в меню «Черчение» нажмите на кнопку **Сохранить** и выберите место для сохранения, имя и тип файла (по умолчанию тип файла определяется модулем ARМ Graph). Если тип файла выбран по умолчанию, то после сохранения файл автоматически откроется.

Для выхода из меню «Черчение» нажмите кнопку **Закреть**.

Сохранение и вывод результатов

Для вывода текстовых результатов выберите пункт меню «Файл | Печать...» или пиктограмму . Появляется меню, идентичное меню «Результаты» (по аналогии выбираем результаты для печати). Для продолжения нажмите на кнопку **Продолжить**.

С целью последующих корректировок целесообразно сохранить исходный файл ARМ Trans. По умолчанию формат сохраняемого файла – *.wtr (собственный формат ARМ Trans). Также можно сохранить файл в формате *.rtf. В этом случае получаются таблицы без возможности их выбора (печатаются все результаты).

9 методическое указание по работе с программой АРМ АРМ WinJoint

1. Запуск программы: Пуск → Программы → АРМ WinMachine → АРМ WinJoint → Enter. При наличии ярлыка программы на рабочем столе возможен запуск двойным нажатием мыши на ярлыке.

2. Теоретические сведения.

АРМ WinJoint это система для расчёта и проектирования соединений, разработанная в Центре АРМ. Название "WinJoint" происходит от слов "Windows"(т.к. система работает в среде Microsoft Windows) и "Joint"(соединение).

Система позволяет рассчитать:

- групповые резьбовые соединения, поставленные в отверстие с зазором и без, установленные в произвольном порядке и предназначенные для соединения произвольных поверхностей. При этом в качестве элементов крепления могут быть рассчитаны болты, винты и шпильки, работающие при произвольном внешнем нагружении.

- сварные соединения, при произвольной внешней нагрузке и произвольном размещении сварных швов нижеследующих типов:

- стыковые;
- тавровые;
- нахлесточные;
- точечная сварка.

- заклепочные соединения произвольного размещения и при произвольном плоском нагружении.

- соединения деталей вращения, конструктивно выполненные как:

- соединения с натягом цилиндрической или конической формы;
- шлицевые или шпоночные соединения разных типов;
- штифтовые соединения радиальные и осевые;
- соединения коническими кольцами;
- клеммовые соединения различного конструктивного выполнения;
- профильные соединения различных модификаций.

3. Требования к аппаратуре и программному обеспечению.

АРМ WinJoint работает на IBM PC компьютерах (включая все IBM совместимые) с 80386, 80486 или Pentium процессорами и не требует математического сопроцессора. АРМ WinJoint предназначена для работы в среде Microsoft Windows версии 3.1 и выше.

4. Установка программы.

Для установки **АРМ WinJoint** на вашем PC, используйте SETUP.EXE, простой способ установки программы с дистрибутивной дискеты. Программа работает в среде Microsoft Windows и чтобы запустить её из DOS напишите в командной строке:

```
win b:\setup
```

Чтобы установить программу из Windows используйте команду **File | Run** диспетчера программ (*Program Manager*). В появившемся окне диалога *Run* напишите:

```
a:\setup
```

в поле текста, которое называется *Command Line*. Затем следуйте инструкциям, появляющимися на экране. Программа установки копирует все требуемые файлы с дистрибутивной дискеты на жёсткий диск вашего компьютера.

5. Содержание пособия.

Введение (настоящий раздел) даёт вам общие сведения об АРМ WinJoint и о видах соединений, которые могут быть рассчитаны.

Глава 1, Задачи, исходные данные и результаты содержит детальное описание задач, решаемых с помощью **АРМ WinJoint**. Даны строгие определения вычисляемых параметров и исходных данных, описаны формы представления результатов.

Глава 2, Редактор соединений содержит описание основных принципов работы специализированного графического редактора, используемого для задания конфигурации соединений, размещения болтов и заклепок, ввода нагрузок.

Глава 3, Проектирование соединений в среде АПМ WinJoint шаг за шагом описывает основные этапы проектирования соединений.

Глава 4, Справочник по командам содержит полное описание всех команд меню для нецилиндрических типов соединений.

Глава 5, Справочник по командам подсистемы расчёта соединений типа Вал -Ступица.

Глава 6, Справочник по общим командам.

5. Задачи, исходные данные и результаты.

Данная глава состоит из двух частей и введения. Во введении обрисованы основные особенности **APM WinJoint**. В первой части описаны параметры, которые Вы можете рассчитать с помощью **APM WinJoint**. Для каждого параметра приводится строгое определение, рассматриваются формы, в которых он рассчитывается и способы представления результатов расчёта. Вторая часть главы содержит полное определение и описание используемой в **APM WinJoint** математической модели.

5.1. Задачи и возможности системы.

Система **APM WinJoint** предназначена для расчета и проектирования соединений элементов машин. С ее помощью можно выполнить весь комплекс расчетов необходимых при проектировании этих объектов используемых в машиностроении, приборостроении, строительстве. Система позволяет выбрать из большого числа возможных конструкторских решений наиболее выгодное с экономической точки зрения. Расчёты реализованы в форме проверочного и проектировочного. Под *проектировочным расчетом* понимается комплекс вычислений по определению основных геометрических размеров соединения, а при проверочном расчете определяются значения коэффициентов запаса. При этом критерием расчета резьбовых соединений являются условие отсутствие сдвига и раскрытия сопряженных поверхностей, а также статическая и усталостная прочность элементов соединения; сварные швы рассчитываются из условия статической и усталостной прочности; заклепочные соединения рассчитываются из условия прочности при постоянной нагрузке;

Критерием расчета соединений деталей вращения может быть (в зависимости от типа) условие отсутствия сдвига или раскрытия сопряженных поверхностей, либо статическая и усталостная прочности элементов соединения, а также совокупность обоих критериев.

5.2. Исходные данные.

Исходными данными для расчета соединений являются геометрия соединения, внешние нагрузки, а также ряд других параметров, которые характеризуют выбранные материалы, коэффициенты запаса и т.д. Список этих констант приведен ниже:

- коэффициент запаса по смятию 1.1..... 1.4;
- коэффициент запаса по сдвигу 1.1 ... 1.4;
- коэффициент основной нагрузки 0.2 ... 0.3;
- предел текучести;
- коэффициент трения;
- предел прочности.

Это полный список постоянных параметров, из которого формируются параметры для каждого из выбранных типов. При выборе ряда коэффициентов можно пользоваться рекомендациями указанными в скобках. Рекомендации для коэффициента основной нагрузки даны для контакта металлических поверхностей. Подробное описание данных по геометрии и нагрузкам для каждого типа соединения представлены в (п. Главе 3).

5.3. Результаты.

Система позволяет рассчитать следующие типы соединений:

- ◆ групповые резьбовые соединения, поставленные в отверстие с зазором и без, установленные в произвольном порядке и предназначенные для соединения произвольных поверхностей. При этом в качестве элементов крепления могут быть рассчитаны болты, винты и шпильки, работающие при произвольном внешнем нагружении.
- ◆ сварные соединения, при произвольной внешней нагрузке и произвольном размещении сварных швов нижеследующих типов:
 - ◇ стыковые,

- ◇ тавровые,
- ◇ нахлесточные,
- ◇ а также соединения, выполненные точечной сваркой.
- ◆ заклепочные соединения произвольного размещения и при произвольном плоском нагружении.
- ◆ соединения деталей вращения, конструктивно выполненные как:
 - ◇ соединения с натягом цилиндрической или конической формы;
 - ◇ шлицевые и шпоночные соединения разных типов;
 - ◇ штифтовые соединения радиальные и осевые;
 - ◇ соединения коническими кольцами;
 - ◇ клеммовые соединения различного конструктивного выполнения;
 - ◇ профильные соединения.

Примечание! Далее будут перечислены результаты каждого из типов. Описание включает в себя три раздела. В первом (**Определение**) приводится строгое определение каждого параметра. Во втором (**Что рассчитывается**) сообщается, в каком виде рассчитывается параметр (массив, единичное значение и др.). В третьем разделе (**Представление**) описываются способы, которыми рассматриваемый параметр может быть представлен в **WinJoint**.

Для всех типов соединений вычисляются следующие геометрические параметры:

А. Площадь (кроме точечной сварки).

Под площадью для резьбовых, заклёпочных и стыковых сварных соединений понимается площадь поверхности стыка, а для тавровых и нахлесточных сварных - площадь шва.

Б. Координаты центра масс.

В. Осевые моменты инерции, относительно двух взаимно перпендикулярных осей (OX и OY).

Г. Угол наклона главных центральных осей.

Главными центральными осями называются две взаимно-перпендикулярные оси, проходящие через центр масс, относительно которых осевые моменты инерции имеют максимальное значение (смещенный момент равен нулю).

Далее рассчитываются параметры характерные для данного типа соединения и типа расчета. Ниже приводятся расчетные параметры по типам.

5.3.1. групповые резьбовые соединения.

1) для групповых резьбовых соединений с винтами установленными с зазором рассчитываются:

Сила затяжки болта.

Максимальная нагрузка, действующая на болт.

Максимальное давление на стык.

Диаметр болта — наружный диаметр резьбы.

При проверочном расчёте добавляются коэффициенты запаса:

Коэффициент запаса выносливости — отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов.

Коэффициент запаса прочности — отношение предела прочности материала болта к фактическому напряжению наиболее нагруженного болта.

2) для групповых резьбовых соединений с винтами установленными без зазора рассчитываются:

Диаметр болта — диаметр стержня болта.

Максимальная сдвигающая нагрузка на болт — нагрузка, приложенная в плоскости стыка, действующая на наиболее нагруженный болт.

Минимальная толщина пластины — наименьшая толщина пластины, при которой фактические напряжения смятия равны допусковым.

При проверочном расчёте добавляется коэффициент запаса:

Коэффициент запаса прочности по сдвигу — отношение допускаемого напряжения сдвига материала болта к фактически действующему напряжению наиболее нагруженного болта.

Примечание! В обоих случаях давления в стыке выводятся в виде карты распределения по поверхности стыка.

5.3.2. Заклепочные соединения.

Диаметр заклёпки — диаметр стержня заклёпки без внутреннего отверстия. Если заклёпка имеет внутреннее отверстие, то расчёт необходимых диаметров следует вести из условия равенства площадей поперечных сечений

Максимальная сдвигающая нагрузка на заклёпку — нагрузка, приложенная в плоскости стыка, действующая на наиболее нагруженную заклёпку.

Минимальная толщина пластины — наименьшая толщина пластины, при которой фактические напряжения смятия равны допускаемым.

При проверочном расчёте добавляется коэффициент запаса:

Коэффициент запаса прочности по сдвигу — отношение допускаемого напряжения сдвига материала заклёпки к фактически действующему напряжению наиболее нагруженной заклёпки.

5.3.3. Тавровые и нахлесточные соединения.

Максимальное эквивалентное напряжение — напряжение, действующее в наиболее нагруженной точке сварного шва. Под эквивалентным напряжением понимается напряжение растяжения, вызывающее такое же разрушающее воздействие, что и совокупность нормальных и касательных напряжений.

Катет сварного шва — геометрическая характеристика поперечного сечения шва, очертания которого напоминают равнобедренный прямоугольный треугольник. Величина катета позволяет определить соответствующий диаметр электрода.

При проверочном расчёте добавляются коэффициенты запаса:

Коэффициент запаса прочности — отношение допускаемого напряжения материала сварного шва к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.

Коэффициент запаса выносливости — отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов.

Примечание! Напряжения в сварном шве выводятся в виде карты напряжений.

5.3.4. Точечная сварка.

Диаметр точки. В проверочном расчёте добавляются коэффициенты запаса:

Коэффициент запаса прочности по сдвигу — отношение допускаемого напряжения сдвига материала точки к фактически действующему напряжению наиболее нагруженной точки.

Коэффициент запаса выносливости — отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов.

5.3.5. Стыковая сварка.

Максимальное эквивалентное напряжение — напряжение, действующее в наиболее нагруженной точке стыка. Под эквивалентным напряжением понимается напряжение растяжения, вызывающее такое же разрушающее воздействие, что и совокупность нормальных и касательных напряжений.

Коэффициент запаса прочности — отношение допускаемого напряжения материала стыка к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.

Коэффициент запаса текучести — отношение предела текучести материала стыка к фактически действующему эквивалентному напряжению в наиболее нагруженной точке.

При проверочном расчёте добавляется коэффициент запаса:

Коэффициент запаса выносливости — отношение допустимого числа циклов нагружения к фактически действующему числу циклов.

Примечание! Напряжения в стыке выводятся в виде карты напряжений.

5.3.6. Соединения деталей вращения.

Шпоночные соединения

1. Все геометрические параметры шпонки.
2. Допускаемые напряжения для выбранных материалов соединения.
3. Действующие напряжения в соединении.
4. Шпонка выбирается из базы данных в зависимости от текущего стандарта.

Соединения цилиндрических деталей с натягом

1. Минимальный требуемый натяг из условия не раскрытия/сдвига стыка.
2. Максимальный натяг из условия контактной прочности деталей соединения.
3. Набор посадок выбранных из базы данных. Для каждой посадки считается мин/макс сила необходимая для сборки соединения.

Соединения конических деталей с натягом

1. Необходимая сила затяжки.
2. Перемещение втулки при затяжке.
3. Коэффициент запаса по текучести втулки.

Соединения коническими кольцами

1. Необходимая сила затяжки.
2. Перемещение втулки при затяжке.
3. Коэффициент запаса по текучести втулки.
4. Коэффициент запаса по текучести вала.

Штифтовые соединения

1. Диаметр штифтов.
2. Допускаемые напряжения для выбранных материалов соединения.
3. Действующие напряжения в соединении.

Клеммовые соединения

1. Диаметр винтов.
2. Допускаемые напряжения для выбранного материала винта.
3. Действующие напряжения в соединении.

Шлицевые соединения

1. Набор выбранных из базы данных соединений.
- 5.4. Методы и критерии расчета.

Резьбовые соединения

Критерий расчета групповых резьбовых соединений зависит от способа установки винтов и от вида внешней нагрузки к ним приложенной. В зависимости от этого расчеты бывают на нераскрытие стыка и несдвигаемость деталей в контакте. Внешние нагрузки, действующие на плоский стык, приводятся к главному вектору и к главному моменту, приложенному к центру масс. Расчетные параметры резьбовых соединений определяются на основании принципа суперпозиции. Винты рассчитываются на статическую и усталостную прочность при растяжении. Расчет усталостной прочности выполняется только в случае переменной внешней нагрузки. При проверочном расчете определяются значения коэффициентов запаса.

Заклепочные соединения

Рассчитываются на срез и смятие при условии нагружении соединений нагрузками действующими в плоскости стыка. Сдвигающие нагрузки на заклепки представляются в виде карты нагрузок.

Сварные соединения.

Статическая прочность сварных соединений выполненных стыковым швом рассчитывается методом конечных элементов, в котором кроме номинальных напряжений определяются и местные в местах их концентрации, что используется при выполнении проверочного расчета на выносливость. Проверочный расчет в этом случае сводится к определению коэффициента запаса статической и усталостной прочности.

Проектировочный расчет угловых швов выполняется методом полярного и осевых моментов инерции и сводится к определению размера катета сварного шва. Расчет прочности выполняется по эквивалентным напряжениям, полученным на основании энергетической

теории прочности. При проектировочном расчете напряженно деформированное состояние сварных швов определяется методом конечных элементов и сводится к расчету коэффициентов запаса статической и усталостной прочности.

Кроме того, для всестороннего анализа напряженное состояние представляется в виде карт эквивалентных напряжений в цветном исполнении, с помощью которых можно определить мало напряженные участки сварного шва и, в случае необходимости, отредактировать конфигурацию с целью получения равнопрочных конфигураций.

Соединения деталей вращения

Методы расчёта соединений этого вида широко описаны в литературе и в данном руководстве описываются вкратце.

Для соединений с натягом используется решение задачи Ламе.

Для остальных соединений используется равенство внешней нагрузки и внутренних силовых факторов.

Критерий для расчета соединений деталей вращения зависит от типа соединения и может быть одним из:

- Коэффициент запаса по нераскрытию стыка или коэффициент запаса по сдвигу
- Коэффициент запаса по статической и усталостной прочности элементов соединения

6. Редактор соединений.

Редактор соединений, входящий в состав системы APM WinJoint, представляет собой специализированный графический редактор, который дает в распоряжение пользователя гибкие и удобные средства для задания геометрии соединения и ввода нагрузок.

6.1. Компоненты редактора.

Внешний вид редактора соединений APM WinJoint показан на Рис. 1. Его основными элементами являются *инструментальная панель*, *информационная панель*, *линейки* и *рабочее поле* (окно редактирования).

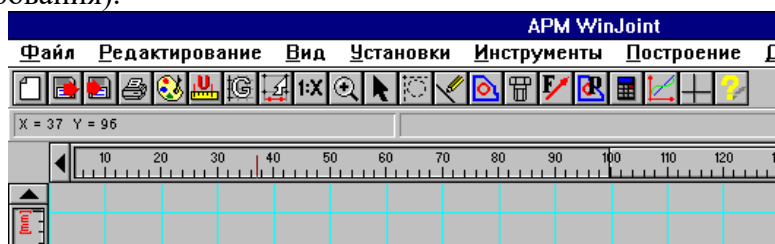


Рис.1 Внешний вид редактора соединений.

6.1.1. Рабочее поле.

Рабочее поле является главным компонентом редактора соединений. В нем отображается геометрия соединения и выполняются операции по его формированию и изменению. В нем также показываются действующие на соединения нагрузки.

6.1.2. Линейки.

Редактор включает в себя две линейки—вертикальную и горизонтальную. На линейках показаны шкалы, которые зависят от текущего масштаба изображения и текущих единиц измерения. Линейки одновременно являются полосами прокрутки—нажимая кнопки на линейках можно просматривать разные участки рабочей плоскости.

6.1.3. Информационная панель.

Информационная панель используется для вывода текущих значений параметров в процессе проектирования соединения. Набор отображаемых параметров зависит от того с каким элементом Вы работаете. Так, например, при рисовании окружности на информационной панели показываются координаты курсора и радиус.

6.1.4. Инструментальная панель.

Инструментальная панель содержит кнопки для вызова основных команд редактора, а также для вызова кнопочного меню нижнего уровня. Для вызова нужной команды щелкните левой кнопкой мыши на соответствующей кнопке. Полное описание команд инструментальной панели приведено в разделе *Справочник команд*.

Примечание! Пользователь может увеличить размеры рабочего поля за счет удаления с экрана линеек, инструментальной и информационной панелей. Для этого используются

команды **Линейки**, **Инструментальная панель**, **Окно статуса** всплывающего меню **Вид**. В любой момент времени каждый из этих элементов можно снова вернуть на экран.

Изменить размеры изображения можно выполнить путем изменения масштаба. Для изменения масштаба изображения служит команда **Установки | Масштаб**. В диалоговом окне показанном на Рис. 4.6. можете ввести нужный масштаб в поле *Масштаб* или выбрать один из стандартных масштабов (1 : 2, 1 : 5, 1 : 10 и т.д.).

6.1.5. Палитры редактора.

Палитрой называется совокупность цветов, используемых для рисования графических примитивов, нагрузок, болтов, заклёпок, точек сварки, а также цвета фона и цвета линий вспомогательной сетки. В распоряжении пользователя имеется четыре палитры (“серая”, “белая”, “черная” и “черное на белом”).

6.1.6. Вспомогательная сетка.

Для лучшего визуального контроля при рисовании геометрии соединения в поле редактора может выводиться вспомогательная прямоугольная сетка.

С помощью команды **Установки | Сетка** пользователь может выбрать шаг сетки и тип линий сетки.

6.2. Общие принципы работы с редактором.

6.2.1. Типы элементов.

Все геометрические объекты (линия, отрезок, окружность, дуга, точка), рисуемые с помощью редактора APM WinJoint, делятся на *основные* и *вспомогательные*.

Для того чтобы представить себе различие между основными и вспомогательными элементами, полезно вспомнить как создается обычный “ручной” чертеж. В работе над ним чертежник задает рабочие, “вспомогательные” элементы—точки, линии, окружности и т.п., которые используются для построения основных элементов, составляющих главное содержание чертежа. Допустим объект, который мы должны нарисовать содержит серию отверстий, центры которых лежат на одной линии или на одной окружности. В этом случае удобно сначала задать вспомогательный объект—линию или окружность, которые не будут входить в окончательный вариант чертежа, а используются только для удобства построения и редактирования.

Для задания основных и вспомогательных элементов в APM WinJoint используются разные команды: для основных элементов команды всплывающего меню **Построение**, для вспомогательных—команды меню **Инструменты**. Основные и вспомогательные элементы различаются и внешне—первые изображаются сплошными линиями, вторые—пунктирными.

6.2.2. Связи между элементами.

Реальные геометрические объекты, включая и те, с которыми приходится иметь дело при проектировании соединений деталей машин, как правило имеют иерархическую структуру. Это означает, что в их составе можно выделить “главные” элементы, составляющие “скелет” формы и второстепенные, которые можно рассматривать как локальные компоненты. Разделение на основные и второстепенные элементы предусматривает наличие связи между ними—локальные компоненты привязаны к основным. Другим источником иерархичности является построение, в процессе которого удобно использовать вспомогательные элементы, к которым привязываются основные. Еще один важный источник возникновения иерархии—параметризация, которая также предполагает наличие логических связей между элементами чертежа.

В процессе построения объектов в редакторе APM WinJoint между ними устанавливаются связи, тип которых зависит от способа построения каждого элемента. Эта связь обуславливает зависимость размеров и расположения объекта от параметров объектов, с которыми он связан. Рассмотрим это на конкретных примерах. Пусть вы построили окружность касательную к двум вспомогательным прямым. Тогда при изменении положения любой из этих прямых изменит своё положение и окружность. Другой пример: допустим Вы построили отрезок, концы которого привязаны к двум узлам, тогда изменяя положение этих узлов вы будете изменять размеры и положение отрезка.

6.2.3. Выбор режима.

Для того чтобы нарисовать соединение нужно задать его конструктивные элементы; для проведения расчетов, нужно также ввести нагрузки. *Чтобы нарисовать или отредактировать*

какой либо элемент, нужно переключить редактор в режим рисования этого элемента. Для этого нужно выбрать либо соответствующую кнопку на инструментальной панели, либо команду в меню.

6.2.4. Рисование.

Рисование элемента (примитива) сводится к заданию точек, определяющих его размеры и положение на плоскости, причем эти точки и порядок их ввода зависят от того каким образом рисуется объект. Так, например, если вы строите окружность по центру и радиусу, то сначала нужно задать центр окружности, а затем установить требуемый радиус. Чтобы задать точку нужно подвести к ней курсор и нажать *левую* кнопку мыши. В процессе перемещения курсора при рисовании примитива на экране рисуется текущая форма (или текущие габариты) элемента, а в окне статуса выводятся текущие значения основных параметров. Нажатие *правой* кнопки мыши в большинстве случаев приводит к отмене предыдущей команды. Особенности работы каждой команды приведены в главе 4 *Справочник команд*.

6.2.5. Редактирование.

Редактирование в системе АРМ WinJoint включает в себя изменение параметров элементов соединения, а также их удаление. Чтобы перейти в режим редактирования элементов нужно выбрать команду **Редактирование** | **Редактирование** или нажать соответствующую кнопку. Редактирование осуществляется в несколько этапов и зависит от способа построения элемента и его связи с другими элементами:

- 1) выбор редактируемого элемента;
- 2) выбор редактируемого параметра;
- 3) установка требуемых размеров;
- 4) подтверждение установленных размеров.

Рассмотрим каждый этап более подробно.

Выбор редактируемого элемента. Чтобы выбрать элемент для редактирования подведите к нему курсор и нажмите левую кнопку мыши. В результате элемент и те объекты, от которых он зависит, выделятся цветом.

Выбор параметра для редактирования. Этот этап необязателен его наличие зависит от того есть ли необходимость выбора параметра для редактирования. Если такой необходимости нет, этот этап автоматически пропускается. Рассмотрим действия на этом этапе на примере. Допустим Вы редактируете окружность и есть возможность выбора между редактированием радиуса или положения центра (эта возможность появляется, если окружность не зависит от других элементов). Чтобы редактировать положение центра поместите курсор ближе к центру и нажмите левую кнопку мыши, а для изменения радиуса подведите курсор к окружности и нажмите левую кнопку мыши. Или при редактировании отрезка для выбора конца, который вы хотите переместить, подведите к нему курсор и нажмите левую кнопку мыши.

Установка требуемых размеров. Установка размеров и положения осуществляется перемещением курсора. При этом на экране рисуется текущая форма элемента, которая зависит от связи элемента с другими. Установите требуемый размер и нажмите левую кнопку мыши.

Подтверждение установленных размеров. Этот этап начинается сразу после предыдущего. Во время него изменяются параметры редактируемого элемента и всех связанных с ним. Если это приводит к ошибке, то новые параметры не устанавливаются и элемент остаётся без изменений.

6.3. Поверхность стыка и контуры.

Для расчёта резьбовых, заклёпочных, а также стыковых сварных соединений необходимо задать поверхность стыка. В АРМ WinJoint **поверхность стыка** определяется набором контуров. Контуром является замкнутая кривая состоящая из основных элементов, т.е. построенных с помощью команд меню **Построение**—отрезков и дуг. Окружность — простейший вид такого контура. Пользователю предлагаются два вида контуров, которые называются внешний и внутренний. Они различаются вкладом, который дают в результирующую поверхность. Внешний контур отображается толстой линией синего цвета, внутренний—красного. Область, ограниченная внешним контуром, включается в поверхность стыка, а ограниченная внутренним контуром исключается из поверхности. На математическом языке это означает, что к результирующей поверхности и областям,

ограниченными внешними контурами, применяется логическая операция ИЛИ, а к областям, ограниченными внутренними контурами операция РАЗНОСТИ. Причём операция РАЗНОСТИ имеет приоритет над ИЛИ, т.е. область, лежащая внутри как внешнего, так и внутреннего контуров, исключается из поверхности стыка. На Рис. 2 дается поясняющий пример. Цифрами показаны номера контуров, внешние контура синим цветом внутренние — красным, а результирующая поверхность стыка — серым.

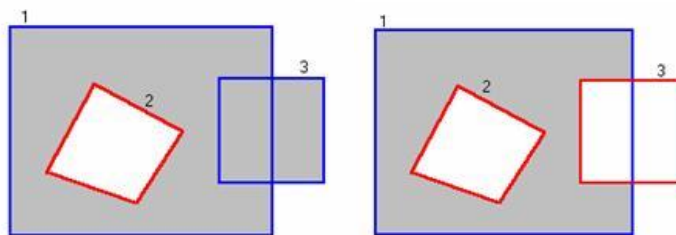


Рис. 2. Пример поверхности и образующих ее контуров.

Чтобы задать контур необходимо сначала его нарисовать основными элементами, а затем определить его как внешний или внутренний используя команды **Данные | Внешний контур** и **Данные | Внутренний контур**.

6.4. Нагрузки, действующие на соединения.

Нагрузки делятся на нормальные к плоскости соединения и касательные к ней. Для каждого типа соединения допускаются нагрузки определённого типа: или касательные или как касательные, так и нормальные. Нагрузки вводятся с помощью команд **Данные | Касательная сила** и **Данные | Нормальная сила**. Подробнее см. соответствующие команды в разделе *Справочник команд*.

7. Проектирование соединений в среде АРМ WinJoint шаг за шагом.

Проектирование соединений, описываемых в этой главе, имеет много общего. Общая схема проектирования и расчета включает в себя следующие шаги:

- 1) задание геометрии соединения;
- 2) размещение нагрузок, действующих на соединение;
- 3) ввод исходных данных, необходимых для расчета;
- 4) выполнение проектировочного расчета;
- 5) выполнение проверочного расчета;
- 6) просмотр результатов расчетов.

Прежде чем приступить к описанию отдельных шагов, напомним определение проектировочного и проверочного расчетов.

Проектировочный расчет деталей машин предназначен для определения их основных параметров по формулам, соответствующим главным критериям работоспособности (прочности, износостойкости и пр.).

Проверочный расчет является уточняющим; его производят, когда форма и размеры детали уже известны по результатам проектировочного расчета либо приняты исходя из конструктивных требований.

Теперь можно приступить к описанию отдельных шагов расчета.

1) **Задание геометрии соединения.** Для того чтобы ввести геометрию соединения используется специализированный графический редактор, входящий в состав АРМ WinJoint. Подробнее этот редактор описан в предыдущей главе. Он включает достаточно широкий набор графических примитивов, позволяющий задать соединения произвольной формы с произвольным размещением крепежных элементов. Редактор имеет простой и удобный интерфейс.

2) **Размещение нагрузок.** Ввод нагрузок осуществляется с помощью редактора, описанного выше. Пользователь может задать нормальные и касательные силы, при этом

касательные силы могут быть приложены как в плоскости соединения, так и на удалении от нее. При выполнении проектировочного расчета задаются постоянные нагрузки, при проверочном расчете могут быть введены как постоянные, так и переменные нагрузки.

3) **Ввод исходных данных.** Для того чтобы выполнить расчет необходимо задать характеристики материалов—предел прочности, предел текучести, коэффициент трения, а также значения коэффициентов запаса.

4) **Проектировочный расчет.** Для выполнения проектировочного расчета нужно в меню **Расчет** выбрать **Тип** и затем в появившемся дополнительном меню выбрать **Проектировочный**. После этого следует задать внешние нагрузки и выбрать команду **Расчет | Расчет!** в главном меню.

5) **Проверочный расчет.** Установите тип расчета командой **Расчет | Тип | Проверочный** и затем выберите команду **Расчет | Расчет!** в главном меню. При проведении проверочного расчета пользователь может изменить некоторые параметры.

6) **Просмотр результатов.** Для того чтобы просмотреть результаты расчетов используйте команду **Результаты** главного меню.

Ниже будут описаны особенности характерные для каждого отдельного типа соединений.

7.1. Резьбовые соединения с зазором и без зазора.

Задание геометрии. Для того чтобы определить геометрию резьбового соединения нужно задать форму опорной поверхности и разместить на ней болты.

Форма опорной поверхности задается совокупностью ее внешних и внутренних границ. Допустимы многосвязные поверхности, состоящие из нескольких отдельных фрагментов. Границы поверхности состоят из *контуров*. Контур представляет замкнутую линию и может быть *простым* или *составным*. Простой контур образован одним графическим примитивом, например, прямоугольником или окружностью. Составной контур состоит из последовательности примитивов (отрезков линий, дуг), а также фрагментов, отсекаемых от них другими примитивами. Примеры опорных поверхностей с формирующими их внешними и внутренними контурами показаны на Рис. 2.

Формирование внешних и внутренних контуров по ИЛИ и по РАЗНОСТИ - в описании редактора.

После того как задана опорная поверхность необходимо разместить на ней болты. Для этого служит команда **Данные | Болты**.

Ввод нагрузок. Нагрузки могут быть приложены в любой точке. Для болтов без зазора они могут быть только в плоскости стыка, с зазором как в плоскости стыка, так и в перпендикулярной к ней. Нагрузки вводятся выбором пункта меню **Данные | Нормальная сила** и **Касательная сила**. Подробнее см. раздел *Справочник по командам*. Силы можно вводить на любом этапе проектирование соединения.

Ввод исходных данных. Исходные данные, необходимые для расчёта резьбовых соединений описаны в Главе 1, а команда меню и окно диалога для ввода этих параметров в Главе 4 “*Справочник команд*”.

Проектировочный расчёт. В процессе расчёта вычисляются геометрические параметры соединения и нагрузки, действующие на болты и на плоскость стыка.

Проверочный расчёт. Проверочный расчет выполняется после проектировочного при неизменной геометрии. Для его проведения необходимо задать переменные внешние нагрузки. Это делается с помощью тех же пунктов меню что и при проектировочном расчёте **Данные | Нормальная сила**, и **Данные | Касательная сила**. В данном типе расчёта можно изменять диаметр болтов, что будет влиять на значения коэффициентов запаса, с помощью команды меню **Данные | Дополнительный параметр**.

7.2. Заклепочные соединения.

Проектирование заклепок полностью аналогично проектированию болтов без зазора.

Задание геометрии. Геометрия заклёпочных соединений задаётся точно также как и для резьбовых соединений. Единственное отличие состоит в том, что заклёпки расставляются с помощью команды **Данные | Заклёпки**.

Ввод нагрузок. Внешние нагрузки могут действовать только в плоскости стыка т.к. заклёпки рассчитываются только срез.

Ввод нагрузок выполняется с помощью команды **Данные | Касательная сила**.

Ввод исходных данных. Исходные данные, необходимые для расчёта заклёпочных соединений описаны в Главе 1, а команда меню и окно диалога для ввода этих параметров в Главе 4 “Справочник команд”.

Проектировочный и проверочный расчёты для заклёпочных соединений аналогичны расчётам для резьбовых соединений без зазора.

7.3. Тавровые и нахлесточные сварные соединения.

Задание геометрии. Эти соединения состоят из сварных швов. Шов задаётся множеством отрезков, дуг и окружностей, которые строятся с помощью команд меню графического редактора **Построение** графического редактора APM WinJoint.

Ввод нагрузок. Допускаются нагрузки как нормальные, так и касательные к плоскости стыка. Они вводятся командами теми же командами что и для резьбовых соединений.

Проверочный расчёт. Для его проведения необходимо задать переменные внешние нагрузки. Вы можете также задавать катет сварного шва и эффективный коэффициент концентрации напряжений с помощью команды меню **Данные | Дополнительные параметры**.

7.4. Точечная сварка.

Задание геометрии. Для задания геометрии необходимо расставить точки, используя команду **Данные | Точки**.

Ввод нагрузок. В данном типе соединений допускаются только нагрузки, действующие в плоскости стыка.

Проверочный расчёт. Для его проведения необходимо задать переменные внешние нагрузки. Вы можете также задавать диаметр точки и эффективный коэффициент концентрации напряжений с помощью команды меню **Данные | Дополнительные параметры**.

7.5. Стыковые сварные соединения.

Задание геометрии. Геометрия стыковых соединений задается точно также как и для резьбовых.

Ввод нагрузок. Допускаются нагрузки как нормальные, так и касательные к плоскости стыка. Они вводятся командами теми же командами что и для резьбовых соединений.

Проверочный расчёт. Для его проведения необходимо ввести переменные внешние нагрузки, а также эффективный коэффициент концентрации напряжений с помощью команды меню **Данные | Дополнительные параметры**.

8. Справочник по командам.

В этой главе дается полное описание команд меню и опций окон диалога в среде APM WinJoint. На Рис. 3 показано основное меню для группы нецилиндрических типов соединений APM WinJoint со всеми подменю, вызываемыми из основного.



Рис. 3 Структура меню APM WinJoint для нецилиндрических типов соединений.

8.2. Меню **Редактирование**.

Команда **Редактирование** главного меню вызывает всплывающее меню **Редактирование**, показанное на Рис. 4, а).

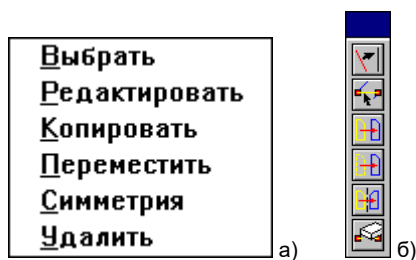



Рис. 4. Меню **Редактирование**.

Кнопка на панели инструментов, соответствующая этой команде  вызывает эквивалентное кнопочное меню **Редактирование**, показанное на Рис. 4, б).

Далее даётся описание команд меню **Редактирование**.

8.2.1. Команда **Выбрать**.

Команда **Редактирование** | **Выбрать** переводит редактор в режим выбора объектов для использования их в операциях, предлагаемых в этом же меню, т.е. перемещения, копирования, удаления и операции симметрии относительно прямой. Об этих операциях см. ниже. Выбранные объекты показываются желтым цветом. Объекты можно выбирать окном и по отдельности. Чтобы выбрать окном нажмите левую кнопку мыши в точке первой вершины окна и, не отпуская, её переместите мышью в точку противоположной вершины, а затем отпустите. В результате все элементы попавшие полностью в окно будут выбраны.

Переместив мышью к требуемому объекту, а затем нажав и отпустив левую кнопку мыши, не перемещая в этот момент мышью, можно его выбрать или вернуть в невыбранное состояние. Если объект к этому моменту не был выбран, то он становится выбранным и наоборот если выбран, то возвращается в невыбранное состояние. Нажатие правой кнопки мыши в этом режиме возвращает все объекты в начальное невыбранное состояние.

Ускоренный выбор



8.2.2. Команда **Редактировать**.

Команда **Редактирование** | **Редактировать** переводит редактор в режим редактирования объектов. В этом режиме вы можете изменять параметры объектов в зависимости от типа их построения. Так, например, если редактируется окружность, построенная по центру и радиусу, то в этом режиме может изменяться радиус. Для выбора объекта редактирования подведите к нему курсор и нажмите левую кнопку мыши, в результате он и объекты, с которыми он связан, выделяются цветом. Установив нужные параметры, нажмите левую кнопку мыши. В результате редактируемый объект и все связанные с ним будут изменены. Если это изменение ведет к ошибке или к потере связи, то изменение параметров не происходит.

Ускоренный выбор



8.2.3. Команда **Копировать**.

Команда **Редактирование** | **Копировать** переводит редактор в режим копирования объектов. Эта операция применяется к выбранным с помощью команды **Редактирование** | **Выбрать** объектам. Для копирования нажмите левую кнопку мыши в исходной точке. После этого копируемые объекты появятся возле курсора. Затем снова нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская её, переместите мышью на требуемое расстояние и отпустите. В результате все выделенные (выбранные) объекта скопируются в требуемое место. Нажатие правой кнопки мыши до выполнения копирования приводит к исходному состоянию, а после копирования к отмене выбора всех объектов.

Ускоренный выбор



8.2.4. Команда **Переместить**.

Команда **Редактирование** | **Переместить** переводит редактор в режим перемещения объектов. Эта операция применяется к выбранным с помощью команды **Редактирование** | **Выбрать** объектам. Для перемещения нажмите левую кнопку мыши и не отпуская её

переместите мышь на требуемое расстояние. В результате все выделенные (выбранные) объекты передвинутся на величину, равную перемещению мыши.

Ускоренный выбор 

8.2.5. Команда **С**имметрия.

Команда **Редактирование** | **С**имметрия переводит редактор в режим операции симметрии объектов относительно прямой. Эта операция применяется к объектам, выбранным с помощью команды **Редактирование** | **В**ыбрать. Для выбора оси симметрии переместите мышь к требуемой вспомогательной прямой и нажмите левую кнопку мыши. Далее, для выполнения операции нажмите эту же кнопку ещё раз, или для отмены выбора оси правую кнопку мыши.

Ускоренный выбор 

8.2.6. Команда Удалить.

Команда **Редактирование** | **У**далить удаляет все объекты, выбранные с помощью команды **Редактирование** | **В**ыбрать.

Ускоренный выбор 

8.3. Меню **В**ид.

Команда **В**ид главного меню вызывает всплывающее меню **В**ид, показанное на Рис. 5.

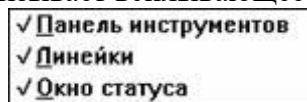


Рис. 5 Меню Вид.

Команды этого меню позволяют скрыть или наоборот показать элементы экрана. Далее даётся описание команд меню **В**ид.

8.3.1. Команда **П**анель инструментов.

Команда **В**ид | **П**анель инструментов позволяет скрыть с экрана или отобразить на нём панель инструментов. Если пункт меню отмечен, то панель отображается, если нет, то скрыто.

8.3.2. Команда **Л**инейки.

Команда **В**ид | **Л**инейки позволяет скрыть с экрана или отобразить на нём линейки, совмещённые и полосами прокрутки. Если пункт меню отмечен, то линейки отображаются, если нет, то скрыты.

8.3.3. Команда **О**кно статуса.

Команда **В**ид | **О**кно статуса позволяет скрыть с экрана или отобразить на нём окно статуса. Если пункт меню отмечен, то окно статуса отображается, если нет, то скрыто.

8.4. Меню **У**становки.

Команда **У**становки главного меню вызывает всплывающее меню **У**становки, показанное на Рис. 6.

Единицы...	Ctrl+U
Масштаб...	Ctrl+C
Палитра...	Ctrl+E
Сетка...	Ctrl+G
Шаг курсора...	Ctrl+T
Увеличение	Ctrl+Z
Курсор перекрестие	Ctrl+R

Рис. 6 Меню Установки.

Все команды данного меню доступны через кнопки на инструментальной панели. Далее даётся описание команд меню **У**становки.

8.4.1. Команда **Е**диницы.

Команда **У**становки | **Е**диницы вызывает на экран окно диалога для установки единиц измерения. Это окно диалога показано на Рис. 7.

Указанное окно диалога включает 6 радио кнопок. Каждая кнопка обозначает один из типов единиц измерения, предлагаемых в **APM WinJoint**. Всё, что нужно - это выбрать желаемые единицы мышью или клавишами стрелок и нажать кнопку **Ок**. В результате все координаты будут отображаться в выбранных единицах.

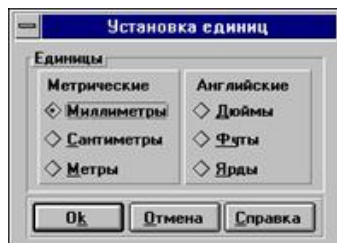



Рис. 7 Окно диалога для выбора единиц измерения.

Ускоренный выбор  или CTRL + U

8.4.2. Команда Масштаб.

Команда Установки | Масштаб отображает на экран окно диалога, которое показано на Рис. 8, для выбора масштабного коэффициента. Это окно включает текстовое окно для ввода значения масштабного коэффициента с клавиатуры и набор кнопок для ввода нескольких стандартных масштабов. Масштабный коэффициент не зависит от установленных единиц измерения.

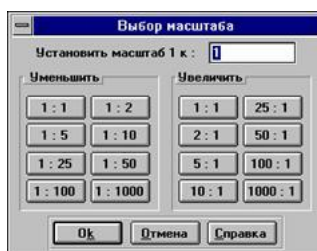



Рис. 8 Окно диалога для ввода масштаба.

Ускоренный выбор  или CTRL + C

8.4.3. Команда Палитра.

Команда Установки | Палитра отображает на экран окно диалога, показанное на Рис. 9, для установки одной из четырёх видов заранее определенных палитр.

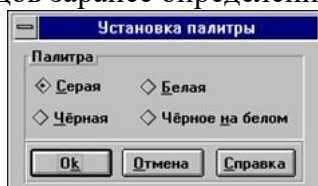


Рис. 9 Окно диалога для установки палитры.

Ускоренный выбор  или CTRL + E

8.4.4. Команда Сетка.

Команда Установки | Сетка отображает на экран окно диалога, показанное на Рис. 10. Это окно диалога включает текстовое окно для ввода шага сетки и четыре переключателя для установки типа сетки (типа линий, которыми она рисуется). Для того чтобы скрыть сетку, установите переключатель Нет сетки.

Примечание! шаг сетки всегда задается в текущих единицах измерения.

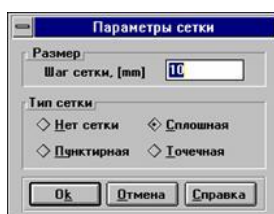


Рис. 10 Окно диалога для установки параметров сетки.

Ускоренный выбор  или CTRL + G

8.4.5. Команда Шаг курсора.

Команда Установки | Шаг курсора отображает на экран окно диалога, показанное на Рис. 11, которое позволяет устанавливать шаг курсора. Это окно диалога включает текстовое окно для ввода шага курсора.

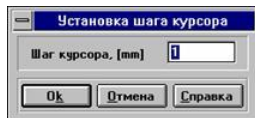


Рис. 11 Окно диалога для шага курсора.

Примечание! шаг курсора всегда задается в текущих единицах измерения.

Ускоренный выбор  или CTRL + T

8.4.6. Команда **У**величение.

Команда **У**становки | **У**величение переводит редактор в режим увеличения масштаба окном. Чтобы определить его нажмите левую кнопку мыши в одном углу окна, затем не отпуская кнопки переместите мышь в противоположный угол и отпустите её. В результате установится соответствующий масштаб и центровка по центру рабочего окна.

Ускоренный выбор  или CTRL + Z

8.4.7. Команда **К**урсор перекрестие.

Команда **У**становки | **К**урсор перекрестие устанавливает или убирает с экрана курсор в виде двух взаимно перпендикулярных линий—вертикальной и горизонтальной. Если этот пункт меню отмечен, то курсор установлен, если нет, то курсор убран с экрана. Данный курсор устанавливается только в режимах редактора связанных с рисованием отрезков, окружностей, дуг и точек.


Ускоренный выбор  или CTRL + R

8.5. Меню **И**нструменты.

Команда **И**нструменты главного меню вызывает всплывающее меню **И**нструменты, показанное на Рис. 12, а). Команды этого меню предоставляют пользователю возможность построения вспомогательных прямых и окружностей.



Рис. 12 Меню Инструменты.

Кнопка на панели инструментов, соответствующая этой команде  вызывает кнопочное меню **И**нструменты, показанное на Рис. 12, б).

8.5.1. Команда **Л**иния.

Команда **И**нструменты | **Л**иния меню **И**нструменты вызывает всплывающее меню нижнего уровня, показанное на Рис. 13, предоставляющее средства для построения вспомогательных линий. Все команды этого меню доступны через кнопочное меню **И**нструменты.



Рис. 13 Меню Линия.

8.5.2. Команда **О**кружность.

Команда **И**нструменты | **О**кружность меню **И**нструменты вызывает всплывающее меню нижнего уровня, показанное на Рис. 14, предоставляющее средства для построения вспомогательных окружностей. Все команды этого меню доступны через кнопочное меню **И**нструменты.

Центр&Радиус
3 Точки
Диаметр
Касательная к динии
Касательная к окружности

Рис. 14 Меню Окружность.

8.5.3. Команда Удалить Всё.

Команда Инструменты | Удалить Всё удаляет все вспомогательные построения.

Ускоренный выбор 

Далее приводится описание команд меню Инструменты | Линия и Инструменты | Окружность.

- команда Вертикальная

Команда Линия | Вертикальная переводит редактор в режим построения вспомогательных вертикальных линий. Для ввода линии нажмите левую кнопку мыши в требуемой точке. Нажатие правой кнопки приводит к выходу из данного режима.

Ускоренный выбор 

- команда Горизонтальная

Команда Линия | Горизонтальная переводит редактор в режим построения вспомогательных горизонтальных линий. Для ввода линии нажмите левую кнопку мыши в требуемой точке. Нажатие правой кнопки приводит к выходу из данного режима.

Ускоренный выбор 

- команда Вертикальная через узел

Команда Линия | Вертикальная через узел переводит редактор в режим построения вспомогательных вертикальных линий через узел. Для ввода линии переместите курсор к требуемому узлу и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор 

- команда Горизонтальная через узел

Команда Линия | Горизонтальная через узел переводит редактор в режим построения вспомогательных горизонтальных линий через узел. Для ввода линии переместите курсор к требуемому узлу и нажмите левую кнопку мыши.

Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор 

- команда Линия

Команда Линия | Линия переводит редактор в режим построения вспомогательных линий через узел под определённым углом. Для ввода линии переместите курсор к требуемому узлу и нажмите левую кнопку мыши. Далее, установите требуемый угол и нажмите её левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор 

- команда Линия через 2 Узла

Команда Линия | Линия через 2 Узла переводит редактор в режим построения вспомогательных линий через 2 узла. Для ввода линии переместите курсор к первому узлу и нажмите левую кнопку мыши, далее ко второму узлу и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор 

- команда Церпендикулярные

Команда Линия | Церпендикулярные переводит редактор в режим построения двух вспомогательных перпендикулярных линий, вертикальной и горизонтальной. Для ввода линий нажмите левую кнопку мыши в требуемой точке. Нажатие правой кнопки приводит к выходу из данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Перпендикулярная к линии**

Команда **Линия | Перпендикулярная к линии** переводит редактор в режим построения перпендикуляра к линии. Чтобы выбрать линию для построения перпендикулярной к ней подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши. Затем, перемещая курсор, добейтесь требуемого расположения перпендикуляра и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Параллельная к линии**

Команда **Линия | Параллельная к линии** переводит редактор в режим построения линий, параллельных к выбранной. Для выбора линии подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши. Затем, перемещая курсор, добейтесь требуемого расположения параллельной линии и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Перпендикулярная к окружности**

Команда **Линия | Перпендикулярная к окружности** переводит редактор в режим построения линии, перпендикулярной к окружности, т.е. проходящей через её центр. Для выбора окружности подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши. Затем, перемещая курсор, добейтесь требуемого расположения прямой и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Касательная к окружности**

Команда **Линия | Касательная к окружности** переводит редактор в режим построения вспомогательных линий, касательных к окружности или к двум окружностям. Для выбора первой окружности подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши. Затем, если вы хотите построить касательную к выбранной окружности, перемещая курсор, добейтесь требуемого расположения линии и нажмите левую кнопку мыши. Если вы хотите построить касательную прямую к двум окружностям, то для выбора второй окружности снова выберите этот же пункт меню, затем подведите курсор к требуемой окружности и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



Описание команд меню **Инструменты | Окружность**.

- команда **Центр&Радиус**

Команда **Окружность | Центр&Радиус** переводит редактор в режим построения вспомогательных окружностей, по центру и радиусу, причем в качестве центра выбирается уже существующая точка. Для выбора точки в качестве центра подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши. Затем перемещая курсор, установите требуемый радиус и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **3 Точки**

Команда **Окружность | 3 Точки** переводит редактор в режим построения вспомогательных окружностей, по трем точкам, причем первые две выбираются из уже существующих, а третья может выбираться из существующих. Для выбора первой точки подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши, выбранная точка выделится цветом. Аналогично, выберите вторую точку. Затем вы можете установить требуемое положение окружности, нажав левую кнопку мыши в требуемой точке, фиксируя при этом радиус, либо выбрать третью точку из уже существующих. Для этого снова выберите этот же пункт меню и выберите точку аналогично выбору первой или второй.

Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Диаметр**

Команда **Окружность** | **Диаметр** переводит редактор в режим построения вспомогательных окружностей, по двум точкам как на диаметре, причем первая выбирается из уже существующих, а вторая может выбираться из существующих. Для выбора первой точки подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши, выбранная точка выделится цветом. Затем вы можете установить требуемое положение окружности, нажав левую кнопку мыши в требуемой точке, фиксируя при этом диаметр, либо выбрать вторую точку из уже существующих. Для этого снова выберите этот же пункт меню и выберите точку аналогично выбору первой. Нажатие правой кнопки приводит к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Касательная к линии**

Команда **Окружность** | **Касательная к линии** переводит редактор в режим построения вспомогательных окружностей, касательных к прямой или к двум прямым. Для выбора прямой подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши, выбранная линия выделится цветом. Затем вы можете установить требуемое положение окружности и радиус, нажав левую кнопку мыши в требуемой точке. Вы также можете провести окружность касательную к двум прямым. Для этого после выбора первой прямой снова выберите этот же пункт меню и выберите аналогично вторую. После этого установите требуемое положение окружности и радиус перемещая курсор и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к возврату к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Касательная к окружности**

Команда **Окружность** | **Касательная к окружности** переводит редактор в режим построения вспомогательных окружностей, касательных к окружности. Для выбора окружности подведите к ней курсор и нажмите левую кнопку мыши, выбранная окружность выделяется цветом. Затем установите требуемое положение окружности и радиус и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к возврату к исходному состоянию данного режима.

Ускоренный выбор



8.6. Меню **Построение**

Команда **Построение** главного меню вызывает всплывающее меню **Построение**, показанное на Рис. 15, а). Команды этого меню предоставляют пользователю возможность построения точек, отрезков, окружностей и дуг — примитивов, необходимых для задания поверхности стыка или геометрии сварного шва.

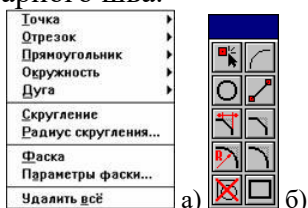



Рис. 15 Меню **Построение**.

Кнопка на панели инструментов, соответствующая этой команде  вызывает эквивалентное кнопочное меню **Построение**, показанное на Рис. 15, б).


Далее даётся описание каждой команды данного меню.

8.6.1. Команда **Точка**

Команда **Построение** | **Точка** меню **Построение** вызывает всплывающее меню нижнего уровня, показанное на Рис. 16, а), предоставляющее средства для построения точек, которые можно затем использовать в качестве узлов привязки при построении отрезков, дуг, окружностей, вспомогательных линий.



Рис. 16 Меню Точка


Кнопка в кнопочном меню **Построение**, соответствующая этой команде  вызывает эквивалентное кнопочное меню **Точка**, показанное на Рис. 16, б).

8.6.2. Команда **Отрезок**.

Команда **Построение** | **Отрезок** меню **Построение** вызывает всплывающее меню нижнего уровня, показанное на Рис. 17,а), предоставляющее пользователю средства для построения отрезков.



Рис. 17. Меню Отрезок.


Кнопка в кнопочном меню **Построение**, соответствующая этой команде  вызывает эквивалентное кнопочное меню **Отрезок**, показанное на Рис. 17, б).

8.6.3. Команда **Прямоугольник**.

Команда **Построение** | **Прямоугольник** меню **Построение** вызывает всплывающее меню нижнего уровня, показанное на Рис. 18, а), предоставляющее пользователю средства для построения прямоугольников из отрезков.



Рис 4.16. Меню Прямоугольник.

Кнопка в кнопочном меню **Построение**, соответствующая этой команде  вызывает эквивалентное кнопочное меню **Прямоугольник**, показанное на Рис. 18, б).

8.6.4. Команда **Окружность**.

Команда **Построение** | **Окружность** меню **Построение** вызывает всплывающее меню нижнего уровня, показанное на Рис. 19, а), предоставляющее пользователю средства для построения окружностей. Эти средства аналогичны тем, которые используются для построения вспомогательных окружностей.

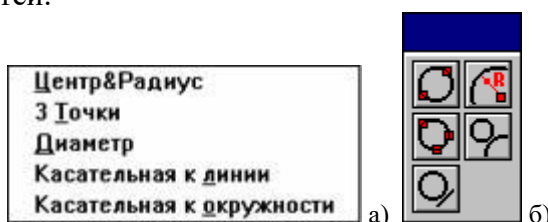



Рис. 19 Меню Окружность.

Кнопка в кнопочном меню **Построение**, соответствующая этой команде  вызывает эквивалентное кнопочное меню **Окружность**, показанное на Рис. 19, б).

8.6.5. Команда **Дуга**.

Команда **Построение** | **Дуга** меню **Построение** вызывает всплывающее меню нижнего уровня, показанное на Рис. 20, а), предоставляющее пользователю средства для построения дуг.

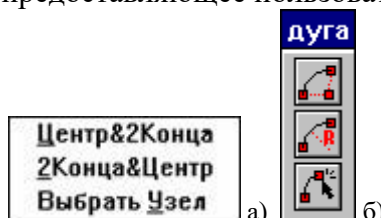



Рис. 20 Меню Дуга.

Кнопка в кнопочном меню **Построение**, соответствующая этой команде  вызывает эквивалентное кнопочное меню **Дуга**, показанное на Рис. 20, б).


8.6.6. Команда **Скругление**.

Команда **Построение** | **Скругление** переводит редактор в режим построения скругления к двум отрезкам. Для выбора отрезка подведите к нему курсор и нажмите левую кнопку мыши. Выбранный отрезок выделится цветом. Аналогично выберите второй отрезок. Далее у пользователя есть возможность выбора области для построения скругления в случае неоднозначности. Для этого переместите курсор в требуемую область и нажмите левую кнопку мыши. Радиус дуги скругления задается следующей командой в окне диалога. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор 

8.6.7. Команда **Радиус скругления**.

Команда **Построение** | **Радиус скругления** меню **Построение** вызывает окно диалога, показанное на Рис. 21, позволяющее пользователю устанавливать радиус дуги скругления. Всё, что вам нужно—это ввести требуемый радиус и нажать кнопку **Ок**.

Ускоренный выбор 

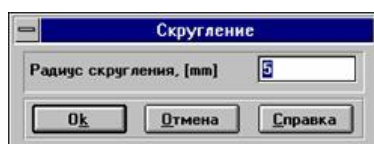



Рис. 21 Окно диалога **Скругление**.

8.6.8. Команда **Фаска**.

Команда **Построение** | **Фаска** переводит редактор в режим построения фаски к двум отрезкам, имеющим один общий конец. Для выбора отрезка подведите к нему курсор и нажмите левую кнопку мыши. Выбранный отрезок выделится цветом. Аналогично выберите второй отрезок. Параметры фаски задаются следующей командой в окне диалога. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор 

8.6.9. Команда **Параметры фаски**.

Команда **Построение** | **Параметры фаски** меню **Построение** вызывает окно диалога, показанное на Рис. 22, позволяющее пользователю устанавливать угол и длину фаски. Всё, что вам нужно—это ввести требуемые параметры и нажать кнопку **Ок**.

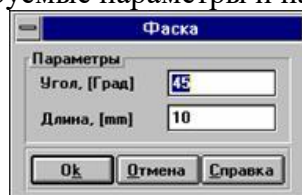


Рис. 22. Окно диалога **Параметры фаски**.

Ускоренный выбор 

8.6.10. Команда **Удалить всё**

Команда **Построение** | **Удалить всё** удаляет все основные объекты, построенные с помощью меню **Построение**.

Ускоренный выбор 

Далее даётся описание команд всех подменю из меню **Построение**.

Подменю **Точка**

- команда **Свободная**

Команда **Точка** | **Свободная** переводит редактор в режим построения точек непосредственно по положению курсора. Для ввода точки переместите курсор в требуемое место и нажмите левую кнопку мыши.

Ускоренный выбор 

- команда **К**оординаты

Команда **Т**очка | **К**оординаты вызывает окно диалога, показанное на Рис. 23, позволяющее пользователю вводить точки, задавая их координаты с клавиатуры. Всё, что вам нужно—это ввести требуемые координаты и нажать кнопку **Ок** или **Добавить**. Единственное отличие кнопок состоит в том, что после нажатия **Ок** окно диалога закрывается.

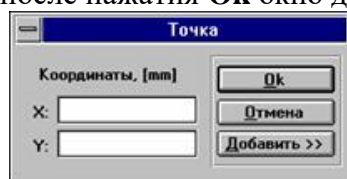


Рис. 23 Окно диалога Точка.

Ускоренный выбор



- команда **Н**а линии

Команда **Т**очка | **Н**а линии переводит редактор в режим построения точек на линии, пересечении двух линий, пересечении окружности и линии в зависимости от предыдущего режима. Если ранее вы не выбрали прямую или окружность в этом режиме или в режиме после выбора команды **Н**а окружности, то в этом режиме можно вводить точки на прямой. Для выбора прямой переместите курсор к требуемой прямой и нажмите левую кнопку мыши. Далее, чтобы зафиксировать положение точки переместите курсор в требуемую позицию и нажмите левую кнопку мыши. Если вы хотите поставить точку на пересечении двух линий или линии и окружности, то выбрав первую прямую, в первом случае снова выберите команду **Н**а линии и аналогичным образом укажите вторую прямую, а во втором случае выберите команду **Н**а окружности и укажите мышью окружность. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Н**а окружности

Команда **Т**очка | **Н**а окружности переводит редактор в режим построения точек на окружности, пересечении двух окружностей, пересечении линии и окружности в зависимости от предыдущего режима. Если ранее вы не выбрали окружность или прямую в этом режиме или в режиме после выбора команды **Н**а линии, то в этом режиме можно вводить точки на окружности. Для выбора окружности переместите курсор к требуемой окружности и нажмите левую кнопку мыши. Далее, чтобы зафиксировать положение точки переместите курсор в требуемую позицию и нажмите левую кнопку мыши. Если вы хотите поставить точку на пересечении двух окружностей или окружности и линии, то выбрав первую окружность, в первом случае снова выберите команду **Н**а окружности и аналогичным образом укажите вторую окружность, а во втором случае выберите команду **Н**а линии и укажите мышью прямую. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



Подменю Отрезок

Команды этого меню позволяют пользователю строить отрезки.

- команда **С**вободный конец

Команда **О**трезок | **С**вободный конец переводит редактор в режим построения отрезков со свободными концами непосредственно по положению курсора. Для ввода очередного конца переместите курсор в требуемое место и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **В**ыбрать узел

Команда **О**трезок | **В**ыбрать узел переводит редактор в режим построения отрезков с концами на уже построенных узлах. Напоминаем, что под узлами мы понимаем точки, концы отрезков и дуг. Для ввода очередного конца переместите курсор к требуемому узлу и нажмите левую кнопку мыши. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



Подменю Прямоугольник

Команды этого меню позволяют пользователю строить прямоугольники из отрезков.

- команда **Диагональ**

Команда **Прямоугольник** | **Диагональ** переводит редактор в режим построения прямоугольников по диагонали, причем в качестве точек, определяющих диагональ, можно выбирать уже существующие узлы. Для ввода очередного конца переместите курсор в требуемое место и нажмите левую кнопку мыши, причём если пункт меню **Выбрать узел** отмечен, то в качестве конца диагонали будет выбираться ближайший узел и осуществляться привязка к нему. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **1/2 Диагонали**

Команда **Прямоугольник** | **1/2 Диагонали** переводит редактор в режим построения прямоугольников по половине диагонали, причем в качестве точек, определяющих половину диагонали, можно выбирать уже существующие узлы. Для ввода очередного конца переместите курсор в требуемое место и нажмите левую кнопку мыши, причём если пункт меню **Выбрать узел** отмечен, то в качестве конца диагонали будет выбираться ближайший узел и, в случае вершины прямоугольника, осуществляться привязка к нему. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Выбрать Узел**

Данная команда устанавливает или снимает флаг выбора узла, действие которого рассмотрено в двух предыдущих командах.

Ускоренный выбор



Подменю Окружность

Команды этого меню позволяют пользователю строить окружности. Они аналогичны командам для построения вспомогательных окружностей в меню **Инструменты** | **Окружность**. По работе этих команд см. раздел выше упомянутого меню. Здесь приводятся лишь кнопки в пиктографическом меню, соответствующие данным командам.

- команда **Центр&Радиус**

Ускоренный выбор



- команда **3 Точки**

Ускоренный выбор



- команда **Диаметр**

Ускоренный выбор



- команда **Касательная к линии**

Ускоренный выбор



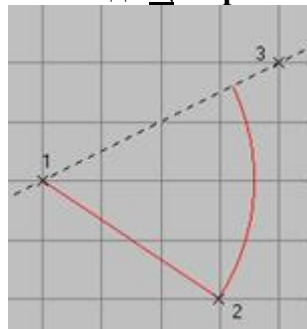
- команда **Касательная к окружности**

Ускоренный выбор



Подменю Дуга

- команда **Центр&2Конца**



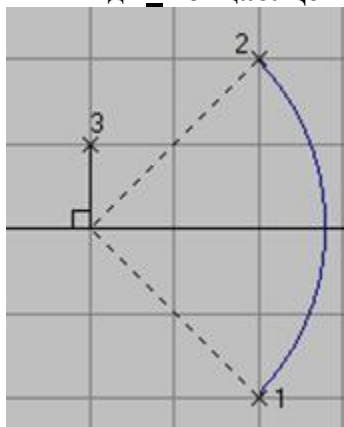
Команда **Дуга** | **Центр&2Конца** переводит редактор в режим построения дуги по центру, радиусу и двум концам, причем в качестве определяющих точек можно выбирать уже существующие узлы. Для ввода центра переместите курсор в требуемое место и нажмите левую кнопку мыши, причём если пункт меню **Выбрать Узел** отмечен, то в качестве его координат будут выбираться координаты ближайшего узла. Затем переместите курсор в точку начала дуги и нажмите левую кнопку мыши, фиксируя при этом ещё и радиус. Если пункт меню **Выбрать Узел** отмечен, то в качестве конца выбирается ближайший узел и осуществляется привязка к нему. Для задания второго конца дуги

переместите курсор в требуемое место и нажмите левую кнопку мыши, причём если пункт меню **Выбрать Узел** отмечен, то в качестве его координат будут выбираться координаты ближайшего узла. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **2Конца&Центр**



Команда **Дуга | 2Конца&Центр** переводит редактор в режим построения дуги по концам и положению центра, причем в качестве определяющих точек можно выбирать уже существующие узлы. Для ввода первого конца переместите курсор в требуемую точку и нажмите левую кнопку мыши, причём если пункт меню **Выбрать Узел** отмечен, то в качестве конца будет выбран ближайший узел и осуществлена привязка к нему. Аналогично выбирается второй конец. После выбора концов задается положение центра, а следовательно и радиуса. Для этого переместите курсор в нужную точку и нажмите левую кнопку мыши. Если пункт меню **Выбрать Узел** отмечен, то в качестве текущих координат при задании радиуса будут выбраны координаты ближайшего узла. Нажатие правой кнопки приводит к возврату в исходное состояние данного режима.

Ускоренный выбор



- команда **Выбрать Узел**

Данная команда устанавливает или снимает флаг выбора узла, действие которого рассмотрено в двух предыдущих командах.

Ускоренный выбор



8.7. Меню **Данные**

Команда **Данные** главного меню вызывает всплывающее меню **Данные**, показанное на Рис. 24. Команды этого меню предоставляют пользователю возможность задания поверхности стыка через внешние и внутренние контура, ввода внешних нагрузок и постоянных параметров, необходимых для расчёта.

Внешний контур	
Внутренний контур	
Показать поверхность	
Убрать поверхность	
Болты	Ctrl+W
Нормальная сила	Ctrl+O
Касательная сила	Ctrl+A
Удалить нормальные силы	
Удалить касательные силы	
Постоянные параметры	
Дополнительный параметр	

Рис. 24 Меню **Данные**.

Далее приводится описание команд данного меню.


Имеется четыре команды для работы с контурами, необходимые при задании поверхности стыка. Все они доступны из кнопочного меню **Контур**, которое показано на Рис. 25 и вызывается при нажатии кнопки  на инструментальной панели.



Рис. 25 Кнопочное меню **Контур**.

8.7.1. Команда **Внешний контур**

Команда **Данные | Внешний контур** переводит редактор в режим выбора пользователем внешних контуров для определения поверхности стыка. 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.

Ускоренный выбор 

8.7.2. Команда **Внутренний контур**

Команда **Данные | Внутренний контур** переводит редактор в режим ввода пользователем внутренних контуров для определения поверхности стыка. 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 внутренний контур подведите курсор к нему и нажмите правую кнопку мыши.

Ускоренный выбор 

8.7.3. Команда **Показать поверхность**

Команда **Данные | Показать поверхность** показывает поверхность стыка, которую образуют внешние и внутренние контура.

Ускоренный выбор 

8.7.4. Команда **Убрать поверхность**

Команда **Данные | Убрать поверхность** убирает с экрана поверхность стыка, которую образуют внешние и внутренние контура, ранее показанную командой **Данные | Показать поверхность**.

Ускоренный выбор 

8.7.5. Команда **Болты**


Команда **Данные | Болты** переводит редактор в режим ввода пользователем болтов для болтовых соединений. Для ввода болта переместите курсор в требуемую точку поверхности стыка и нажмите левую кнопку мыши. Чтобы удалить болт подведите к нему курсор и нажмите левую кнопку мыши. Для удаления всех ранее расставленных болтов нажмите правую кнопку мыши.

Примечание! Болты разрешается ставить только на поверхности стыка. Попытка поставить их вне поверхности приводит к появлению соответствующего сообщения.

Ускоренный выбор  или CTRL + W

8.7.6. Команда **Заклепки**

Команда **Данные | Заклепки** переводит редактор в режим ввода пользователем заклёпок для заклёпочных соединений. Действие этой команды полностью аналогично действию команды **Данные | Болты**.

Ускоренный выбор  или CTRL + W

8.7.7. Команда **Точки**

Команда **Данные | Точки** переводит редактор в режим ввода пользователем точек для точечной сварки. Действие этой команды аналогично действию команды **Данные | Болты** за исключением того, что точки можно расставлять в любом месте рабочего поля.

Ускоренный выбор  или CTRL + W


Ниже приводятся четыре команды для работы с внешними силами. Все они доступны из кнопочного меню **Сила**, которое показано на Рис. 26 и вызывается при нажатии кнопки  на инструментальной панели.



Рис. 26 Кнопочное меню Сила.

8.7.8. Команда **Нормальная Сила**

Команда **Данные | Нормальная Сила** переводит редактор в режим ввода пользователем внешних нормальных нагрузок. Для ввода силы переместите курсор в требуемую точку и нажмите левую кнопку мыши. В результате на экране появится окно диалога *Нормальная Сила*, показанное на Рис. 27 для проектировочного расчёта. Для редактирования ранее

введенной силы переместите курсор к точке приложения требуемой силы и нажмите правую кнопку мыши.

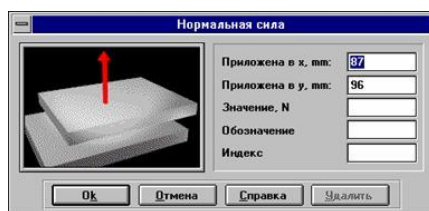


Рис. 27 Окно диалога для ввода нормальной к плоскости стыка силы.

Окно диалога **Нормальная Сила** для проектировочного расчёта содержит 5 текстовых окон для ввода координат точки приложения силы, значения силы, обозначения и индекса. Введите требуемые значения и нажмите кнопку **Ок**. Для удаления силы в режиме редактирования нажмите кнопку **Удалить Силу**. В режиме проверочного расчета вместо этого окна диалога появляется окно диалога, в котором вместо одного значения силы нужно вводить максимальное и минимальное значение.

Ускоренный выбор  или CTRL + O

8.7.9. Команда **Касательная сила**

Команда **Данные | Касательная Сила** переводит редактор в режим ввода пользователем внешних касательных нагрузок. Для ввода силы переместите курсор в требуемую точку и нажмите левую кнопку мыши. В результате для проектировочного расчёта на экране появится окно диалога **Касательная Сила**, показанное на Рис. 28. Для редактирования ранее введенной силы переместите курсор к точке приложения требуемой силы и нажмите правую кнопку мыши.

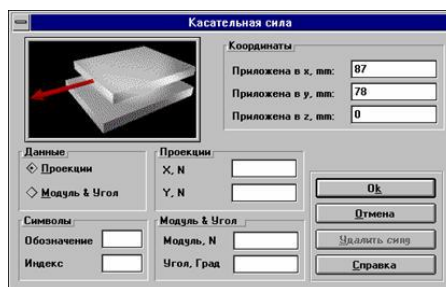


Рис. 28 Окно диалога для ввода касательной к плоскости стыка силы.

Окно диалога **Касательная Сила** для проектировочного расчёта содержит 3 текстовых окна для ввода координат точки приложения силы, 2 текстовых окна для значения проекций силы, 2 для модуля и угла действия силы и 2 для обозначения и индекса. Имеются также два переключателя для ввода силы по проекциям или по модулю и углу. Проекции и модуль задаются в Ньютонах, угол в градусах.

Введите требуемые значения и нажмите кнопку **Ок**. Для удаления силы в режиме редактирования нажмите кнопку **Удалить Силу**.

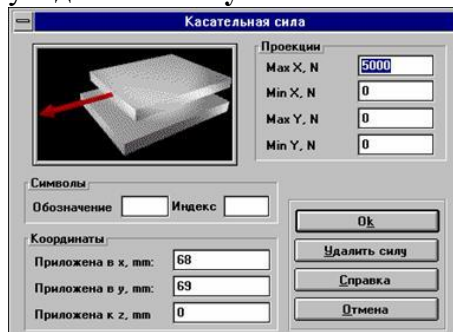


Рис. 29. Окно диалога для ввода касательной к плоскости стыка силы.

В режиме проверочного расчета вместо этого окна диалога появляется окно диалога, показанное на Рис. 29. Диалог содержит 3 текстовых окна для ввода координат точки приложения силы, 4 текстовых окна для ввода минимальных и максимальных значений проекций силы, а также 2 для обозначения и индекса.

Ускоренный выбор  или CTRL + A

8.7.10. Команда **Удалить нормальные силы**

Команда **Данные | Удалить нормальные силы** удаляет все ранее введённые нормальные силы для текущего типа расчёта.

Ускоренный выбор



8.7.11. Команда **Удалить касательные силы**

Команда **Данные | Удалить касательные силы** удаляет все ранее введённые касательные силы для текущего типа расчёта.

Ускоренный выбор



8.7.12. Команда **Постоянные параметры**

Команда **Данные | Постоянные параметры** вызывает на экран окно диалога, показанное на Рис. 30. Диалог содержит текстовые окна для ввода значений параметров, необходимых для проведения расчёта, таких как коэффициент запаса по смятию, по сдвигу, текучести, коэффициент основной нагрузки, предел текучести, коэффициент трения, предел прочности.

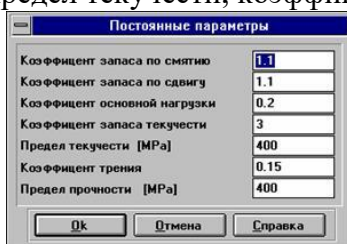


Рис. 30 Окно диалога для ввода постоянных параметров.

Ускоренный выбор



8.7.13. Команда **Дополнительный параметр**

Команда **Данные | Дополнительный параметр** вызывает на экран окно диалога, показанное на Рис. 31. Диалог содержит текстовое окно для ввода параметра, который можно изменять при проверочном расчёте. Для болтовых соединений таким параметром является диаметр болта, для заклёпочных—диаметр заклёпки, для односторонней и двухсторонней сварки—катет сварного шва, для точечной сварки—диаметр точки и в дополнении к этому для всех типов сварки эффективный коэффициент концентрации напряжений.

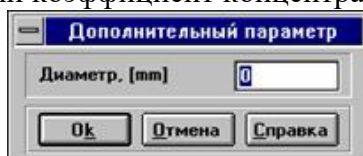


Рис. 31 Окно диалога **Дополнительный параметр**.

8.8. Меню **Расчет**

Команда **Расчёт** главного меню вызывает на экран меню **Расчёт**, показанное на Рис. 4.30.

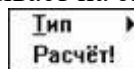


Рис. 32. Меню **Расчёт**.

8.8.1. Команда **Тип**

Команда **Расчёт | Тип** вызывает на экран подменю для установки требуемого типа расчёта проектировочного или проверочного. Для его установки выберите соответствующий пункт меню.

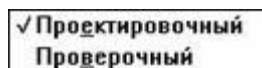


Рис. 33 Меню **Тип расчёта**.

8.8.2. Команда **Расчёт!**

Команда **Расчёт | Расчёт!** выполняет расчёт соединения в зависимости от типа расчёта.

Ускоренный выбор



8.9. Команда **Результаты**

Команда **Результаты** вызывает на экран окна с результатами для текущего типа соединения и типа расчёта, пример которого показан на Рис. 34.

Ускоренный выбор



Рис. 34 Окно диалога с результатами расчёта.

9. Элементы интерфейса.

9.1. Инструментальная панель.

Представляет собой группу пиктографических кнопок, расположенную ниже главного меню (Рис. 35).

Инструментальная панель предназначена для ускоренного выбора некоторых часто используемых команд.



Рис. 35 Инструментальная панель для расчёта нецилиндрических деталей.

9.2. Пиктографическое меню.

Представляет собой группу кнопок, состоящую из инструментальной панели и кнопок нижних уровней которые появляются после нажатия соответствующих кнопок панели инструментов (Рис. 36). Пиктографическое меню также предназначено для ускоренного выбора команд.

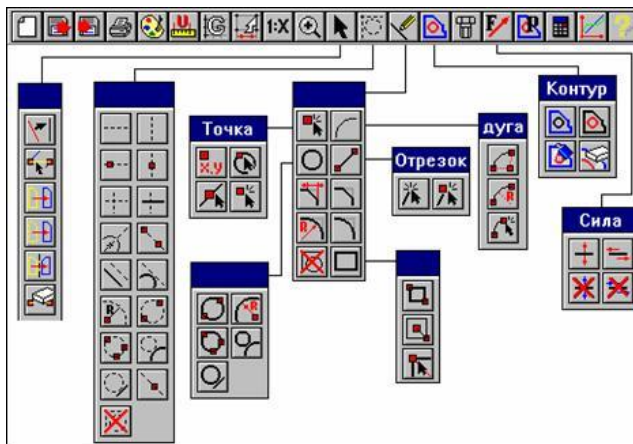


Рис. 36 Пиктографическое меню.

Кнопки инструментальной панели инициируют следующие команды (слева направо):

Файл Новый	Установки Палитра
Файл Загрузить	Установки Единицы
Файл Сохранить	Установки Сетка
Файл Печать	Установки Шаг курсора
	Установки Масштаб
	Установки Увеличение

Редактирование

Инструменты

Построение

Операции с контурами

Данные | Болты, Заклёпки, Точки

Ввод сил

Данные | Постоянные параметры

Расчёт | Расчёт!

Результаты

Установки | Курсор перекрестие

? | Подсказка

Для выполнения команды с помощью инструментальной панели необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на нужной кнопке.

Описание команд каждой кнопки пиктографического меню смотреть выше в разделе соответствующей команды.

9.3. Акселераторы.

Акселератор представляет собой комбинацию используемую для ускоренного выбора команд. В APM WinJoint используются следующие акселераторы (см. Таблицы 1 и 2).

Таблица 1

Команда	Акселератор
Файл Загрузить	CTRL+L
Файл Сохранить	CTRL+S
Файл Печать	CTRL+P
Файл Выход	CTRL+X
? Подсказка	CTRL+H
? О программе	CTRL+B

APM WinJoint для группы нецилиндрических типов соединений используются также следующие акселераторы.

Таблица 2

Команда	Акселератор
Установки Единицы	CTRL+U
Установки Масштаб	CTRL+C
Установки Палитра	CTRL+E
Данные Болты Заклёпки Точки	CTRL+W
Данные Нормальная сила	CTRL+O
Данные Касательная сила	CTRL+A

10. Справочник по командам подсистемы расчёта соединений цилиндрических деталей.

В этой главе дается полное описание команд меню и опций окон диалога в подсистеме расчёта соединений цилиндрических деталей среды **APM WinJoint**. На Рис. 37 показано основное меню для этой группы соединений **APM WinJoint** со всеми подменю, вызываемыми из основного.



Рис. 37 Структура меню APM WinJoint для соединений цилиндрических деталей

10.1. Меню **Файл**

Меню Файл описывается в главе посвященной общим командам APM WinJoint.

10.2. Меню **Типы**

Меню типы показанное на Рис. 38 служит для выбора типа соединения для последующего расчёта, а также для выбора стандарта на основе которого выбираются данные из базы данных.

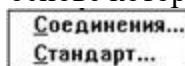


Рис. 38 Подменю типы для соединений типа Вал-Ступица

10.2.1. Команда **Соединения**

Команда **Типы | Соединения** служит для выбора типа соединения расчёт которого Вам необходимо произвести. По этой команде на экран выводится диалоговое окно **Тип соединения** показанное на Рис. 39.

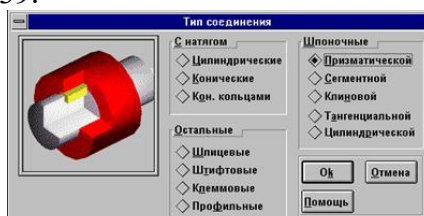


Рис. 39 Диалоговое окно выбора типа соединения Вал-Ступица.

В этом окне Вы помечаете соответствующую кнопку типа и нажимаете **Ок**. После этого система приводится в состояние пригодное для ввода данных необходимых непосредственно выбранному типу.

10.2.2. Команда Стандарт.

Команда **Типы | Стандарт** служит для выбора стандарта, который будет использоваться при выборе данных из базы данных. По этой команде на экран выводится диалоговое окно **Выбор стандарта** показанное на Рис. 40.

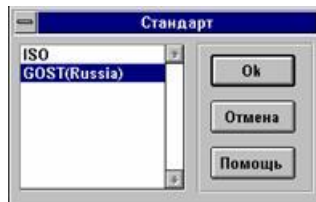


Рис. 40 Диалоговое окно выбора стандарта

10.3. Команда Данные

Команда данные служит для ввода данных необходимых для расчёта конкретного типа соединения. По этой команде на экран выводится диалоговое окно **Ввод исходных данных**. Пример такого окна приведён на Рис. 41.

В этом окне Вы обычным способом вводите все данные. Кнопки **БД** служат для выбора данных из базы данных. Например, в данном окне эти кнопки служат для выбора материалов соответствующих компонентов соединения. Выбор производится с помощью диалоговых окон в которых данные представлены в виде списка. Пример такого окна для выбора материалов приведён на Рис. 42.

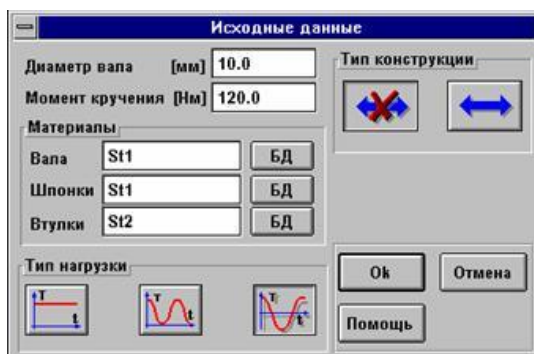


Рис. 41 Пример диалогового окна ввода исходных данных

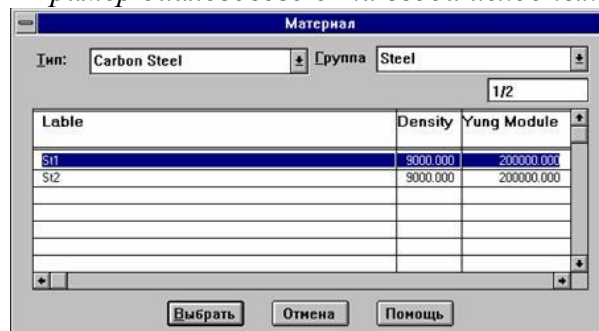


Рис. 42 Диалоговое окно выбора материала.

В некоторых окнах ввода исходных данных, с целью сделать ввод более наглядным применены пиктографические кнопки.

Приведём назначение каждой кнопки (см. Таблица 3):

Таблица 3

Тип параметра	Вид кнопки	Наименование
Вид нагрузки		Постоянная нагрузка
Тип параметра	Вид кнопки	Наименование
Вид нагрузки		Пульсирующая нагрузка

		Знакопеременная нагрузка
Конструктивное исполнение соединения		Втулка может перемещаться вдоль вала
		Втулка неподвижна относительно вала
Тип шлица		Эвольвентный шлиц
		Прямоугольный шлиц
		Треугольный шлиц

10.4. Команда **Расчет**

Команда **Расчёт** позволяет выполнить расчёт соединения.

Ускоренный выбор



10.5 Команда **Результаты**

Команда **Результаты** выводит на экран диалоговое окно в зависимости от типа рассчитанного соединения. По мере необходимости результаты снабжены пояснительными иллюстрациями. Если результатом расчётов является набор некоторых данных, например, набор посадок, то в окне результатов выводится список этих данных. Для просмотра невидимых результатов используйте полосы прокрутки. Примеры окон результатов представлены на Рис. 43 и 44.

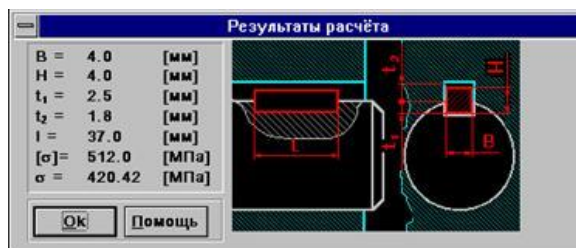


Рис. 43 Диалоговое окно результатов расчёта призматической шпонки.

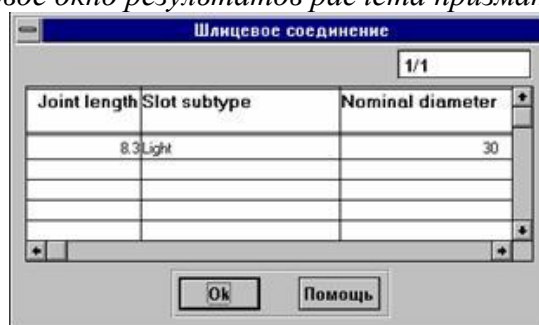


Рис. 44 Пример окна результатов расчёта шлицевых соединений.

10.6. Меню **Помощь**

Меню **Помощь** этой подсистемы APM WinJoint полностью эквивалентно аналогичному меню в главном окне, описание которого дано в главе 4.

Для выполнения рассмотренных операций используют кнопки инструментальной панели (Рис. 45), которые инициируют следующие команды (слева направо):

- Файл | Загрузить
- Файл | Сохранить
- Файл | Печать



Рис. 45 Инструментальная панель для расчёта цилиндрических деталей.

11. Общие команды системы.

В данной главе описываются команды, общие для всех подсистем.

11.1. Меню **Файл**

Подраздел меню (Рис. 46), который включает команды для:

- загрузки информации из архивных файлов;
- сохранения информации в архивных файлах;
- печати исходных данных и вычисленных результатов;
- выбора принтера и опций печати;
- очистки экрана задания нового соединения ;
- выхода из программы.

Загрузить...	Ctrl+L
Сохранить...	Ctrl+S
Новый	Ctrl+N
Печать...	Ctrl+P
Установка принтера...	
Выход в главное	Ctrl+X

Рис. 46 Меню **Файл**.

11.1.1. Команда **Загрузить**

Команда **Файл | Загрузить** открывает диалоговое окно *Загрузить файл*, показанное ниже (Рис. 47). С помощью этого окна вы можете выбрать архивный файл, который Вы хотите загрузить.

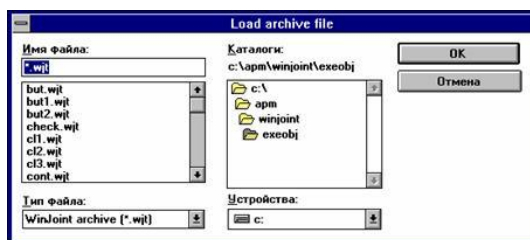


Рис. 47 Окно диалога *Загрузить файл*.

Диалоговое окно состоит из пяти основных элементов. Это поле ввода и окно списка *Имя файла*, а также списки *Каталоги*, *Тип файла* и *Устройства*.

Эти элементы выполняют следующие функции:

- поле ввода *Имя файла* позволяет явно указать имя файла или ввести маску для выбора файлов в текущей директории;
- список *Имя файла* показывает все файлы текущей директории, которые удовлетворяют действующему фильтру;
- список *Каталоги* позволяет перемещаться по директориям текущего диска;
- список *Устройства* позволяет изменить текущий диск;
- список *Тип файла* предоставляет пользователю набор фильтров для выбора файлов.



https://yandex.ru/video/preview/?text=apm%20WinJoint.%20демонстрация%20обучения%20видеокурс%20скачать&path=yandex_search&parent-reqid=1652934640932566-11001411278901452384-vla1-3170-vla-l7-balancer-8080-BAL-8253&from_type=vast&filmId=7451313089247115228

10 МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММОЙ APM WINSRING.

Назначение: Программа **APM WinSpring** представляет модуль, предназначенный для расчета пружин и торсионных валов.

1. Запуск программы: Пуск→Программы→APM WinMachine→APM WinSpring→Enter. При наличии ярлыка программы на рабочем столе возможен запуск двойным нажатием мыши на ярлыке.
2. Теоретические сведения.

2.1. Название и возможности системы.

APM WinSpring - это система, предназначенная для комплексного расчета пружин и упругих элементов. Название программы образовано сочетанием сокращения **Win** (поскольку работа идет в среде Windows) и слова **Spring** (англ. пружина).

С помощью этой системы могут быть рассчитаны следующие типы пружин и упругих элементов:

- Пружины сжатия (круглого и квадратного сечения)
- Пружины растяжения (круглого и квадратного сечения)
- Пружины кручения (круглого и квадратного сечения)
- Тарельчатые пружины
- Плоские прямоугольные пружины
- Торсионы

Смотрите рисунке 1.

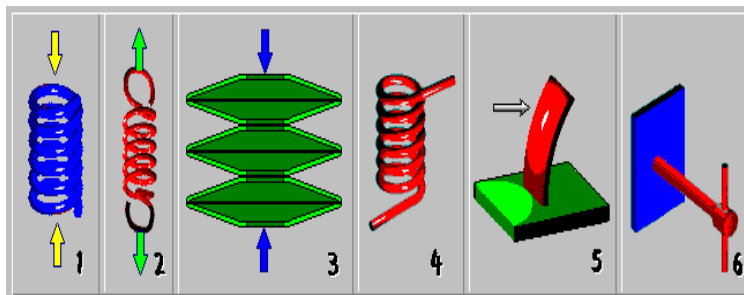


Рисунок 1 Типы упругих элементов, рассчитываемые в **APM WinSpring**: 1 - пружины сжатия, 2 - пружины растяжения, 3 - тарельчатые пружины, 4 - пружины кручения, 5 - плоские прямоугольные пружины, 6 - торсионы **Ошибка! Закладка не определена.**

По результатам расчетов может быть сгенерирован рабочий чертеж, который сохраняется как файл формата DXF. Предусмотрена возможность запуска системы автоматизированного проектирования AutoCAD® непосредственно из системы **WinSpring**.

Примечание! Пружины прямоугольного сечения в **APM WinSpring** не рассматриваются.

3. Исходные данные и результаты.

3.1. Расчеты и результаты.

APM WinSpring представляет собой систему расчета и проектирования упругих элементов машин и механизмов. Программа позволяет выполнить статические расчеты, расчеты на выносливость и на устойчивость.

3.1.1. Расчеты

Проводимые расчеты зависят от действующего вида нагружения. Статические расчеты включают определение прочности и жесткости и выполняются, как правило, в виде проектировочных расчетов. Расчеты на выносливость выполняются в случае переменного характера внешнего нагружения и сводятся к определению коэффициента запаса усталостной прочности.

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

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

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

При статическом расчете прочности определяются действующие напряжения, которые сравниваются с допустимыми. Значения допустимых напряжений, используемые в системе получены усреднением данных, заимствованных из литературных источников. В том случае если пользователю известны более точные значения допустимых напряжений и эти значения существенно отличаются от значений, принятых в **APM WinSpring**, можно воспользоваться режимом корректировки. Для корректировки допустимых напряжений нужно выбрать кнопку **Еще** в диалоговом окне **Основные Параметры (Рисунок 2)**.

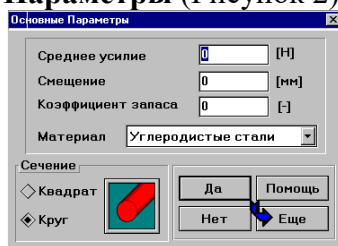


Рисунок 2. Окно ввода исходных данных.

В верхней части окна вводятся основные параметры. Кнопка **Еще**, на которую указывает стрелка, вызывает на экран окно для ввода дополнительных параметров. По умолчанию для дополнительных параметров используются значения, полученные из литературных источников.

Под действующими напряжениями понимаются:

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

3.1.2. Результаты

В результате расчетов находятся следующие параметры:

- количество витков пружин сжатия и растяжения определяется исходя из требуемой величины линейной деформации;
- число витков пружины кручения рассчитывается исходя из требуемого угла закручивания;
- длина торсиона находится из величины угла закручивания;
- длину пружины изгиба определяет деформация;
- Количество тарельчатых пружин в пакете определяется исходя из условия требуемой осевой деформации.

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

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

3.1.3. Исходные данные.

Среднее усилие - средняя нагрузка, приложенная к пружине. Единицы измерения - Ньютоны (Н).

Максимальная сила - максимальная нагрузка, приложенная к пружине. Единицы измерения - Ньютоны (Н).

Минимальная сила - минимальная нагрузка, приложенная к пружине. Единицы измерения - Ньютоны (Н). Равна 0 при статическом нагружении.

Запас прочности - коэффициент запаса статической прочности материала пружины.

Смещение - прогиб под максимальной нагрузкой (при динамическом нагружении) либо под номинальной нагрузкой (при статическом нагружении). Единицы измерения - миллиметры (мм).

Средний момент - средний момент, приложенный к опорным виткам пружины кручения либо к захватам торсиона. Единицы измерения - Ньютон x метр (Нм).

Максимальный момент - максимальный момент, приложенный к опорным виткам пружины кручения либо к захватам торсиона. Единицы измерения - Ньютон x метр (Нм).

Минимальный момент - минимальный момент, приложенный к опорным виткам пружины кручения либо к захватам торсиона. Равен 0 при статической нагрузке. Единицы измерения - Ньютон x метр (Нм).

Угол закручивания - угол закручивания пружины под максимальной нагрузкой (при динамическом нагружении) либо под номинальной нагрузкой (при статическом нагружении). Единицы измерения - градусы (Град).

3.1.4. Параметры геометрии.

При проектировочном расчете можно ввести ограничения на диаметр проволоки и диаметр пружины. Эти ограничения вводятся в окне **Дополнительные Параметры** (Рис.3), которое вызывается из окна **Основные Параметры** выбором кнопки **Еще...**

Система выбирает такие значения диаметра и индекса пружины, которые не превышают введенных ограничений. Назначение их следующее.

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

Характеристика пружины **круглого** поперечного сечения принимается согласно приведенной таблицы (Таблица 1)

Таблица 1

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

Примечание! В случае квадратного поперечного сечения проволоки используются те же значения, в этом случае W_d – сторона квадрата.

Диаметр пружины - диаметр цилиндра, на который навивается проволока. Для тарельчатой пружины - допустимое значение наружного диаметра. Единицы измерения - миллиметры (мм).

Диаметр проволоки - диаметр проволоки круглого поперечного сечения. Единицы измерения - миллиметры (мм).

Сторона квадрата - сторона квадратного поперечного сечения проволоки. Единицы измерения - миллиметры (мм).

При проектировочном расчете может быть задан только 1 из трех параметров: индекс, диаметр пружины либо диаметр проволоки. Поэтому при вводе любого из них остальные обнуляются.

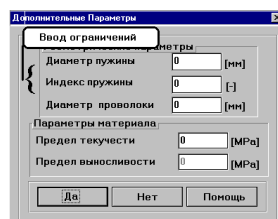


Рисунок 3 Окно ввода дополнительных параметров и ограничений.

Длина пружины - длина пружины в отсутствие нагрузки. Единицы измерения - миллиметры (мм).

Число витков - число рабочих витков пружины. Число опорных витков принимается равным 2.

3.1.5. Параметры материала.

Программой рассчитываются следующие характеристики материала:

- **Предел текучести** - предел текучести материала пружины.
- **Предел выносливости** - предел выносливости материала пружины.
- **Коэффициент запаса на выносливость и коэффициент запаса статической прочности** вычисляются при проверочном расчете. Просмотреть их можно выбрав кнопку **Еще** в диалоговом окне **Результаты...** (Рисунок 4). При проектировочном расчете этот раздел отключен.

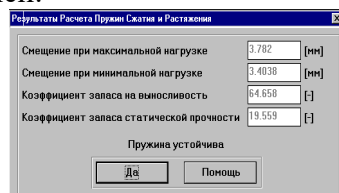


Рисунок 4 Окно просмотра дополнительных результатов.

В этом же окне можно просмотреть информацию об устойчивости пружины. В случае, если пружина неустойчива, ее необходимо заключать в дополнительную оправку.

3.1.6. Генерация рабочих чертежей. Вызов CAD-систем из APM WinSpring.

Система **WinSpring** позволяет сгенерировать рабочий чертеж пружины и сохранить его в виде файла формата DXF. Вы можете в дальнейшем загрузить этот файл в CAD-систему, которая работает с DXF-файлами для того, чтобы окончательно завершить чертеж и вывести его на графопостроитель или принтер.

Для генерации рабочего чертежа нужно выбрать команду *Чертеж* в диалоговом окне **Результаты**.

По этой команде на экране появляется окно, которое позволяет:

- Заполнить стандартный штамп чертежа.
- Ввести дополнительные параметры.
- Задать технические требования.

Пользователь имеет возможность загрузить нужную ему CAD-систему не покидая программы. По умолчанию программа настроена на вызов системы AutoCAD.

4. Пример.

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

- * запустить **WinSpring**;
- * выбрать тип пружины;
- * выбрать тип расчетов;
- * ввести исходные данные;
- * произвести расчеты;
- * просмотреть результаты.

4.1. Запуск APM WinSpring.

Для того, чтобы запустить **WinSpring** из Windows, откройте групповое окно, которое называется **APM** (оно создается программой инсталляции) и выберите иконку WINSRING. Щелкните дважды на этой иконке мышью или нажмите клавишу ENTER.

4.2. Выбор типа пружины.

Выбрать тип пружины можно тремя способами:

- * выбрать команду меню **Тип | Пружина**;
- * дважды щелкнуть мышкой в окне **Тип Пружины**;
- * нажать CTRL + R.

На экране появится окно выбора типа пружин, в котором Вы можете выбрать нужный тип упругого элемента.

4.3. Выбор типа расчетов.

Чтобы выбрать тип расчетов необходимо выбрать команду **Тип | Расчеты**, которая вызывает всплывающее меню **Тип Расчетов** (Рисунок 5) и указать в нем нужный тип (проверочный или проектировочный).

Можно также нажать левую кнопку в окне кнопок ускоренного выбора. Кнопки работают как переключатели. Когда вы щелкаете на них мышью меняется внешний вид кнопки и значение связанного с ней параметра.




	Тип расчета не выбран
	Проектировочный расчет
	Проверочный расчет

Рисунок 5 Всплывающее меню выбора Типа расчета.

Выбрать тип расчета можно также нажав комбинацию клавиш:

CTRL + D -- для проектировочного расчета;

CTRL + C -- для проверочного расчета.

4.4. Ввод исходных данных.

Чтобы ввести исходные данные следует выбрать команду **Данные...** либо дважды щелкнуть мышкой в окне **Основные Параметры**. Появится окно ввода данных соответствующее выбранному типу пружин и типу расчетов. Необходимо ввести все данные, перечисленные в окне, и выбрать кнопку **Ок**.

4.5. Выполнение расчетов.

После того, как введены все необходимые данные, можно выполнить расчеты, что достигается двумя способами:

А) выбрав команду **Рассчитать** в главном меню;



Б) выбрав в панели инструментов кнопку

Если исходные данные не содержат ошибок и противоречий, по окончании расчетов появляется окно (Рисунок 6), сообщающее об успешном завершении расчетов.

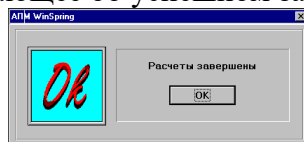







Рисунок 6 Сообщение об успешном завершении расчетов **Ошибка! Закладка не определена.**

4.6. Просмотр результатов.

Выберите команду **Результаты...** в главном меню или нажмите кнопку  в панели инструментов. На экране появится диалоговое окно с результатами расчетов. Нажав кнопку **Чертеж** можно выйти в режим генерации чертежа.



<https://www.youtube.com/watch?v=5QRceN1dZs&list=PL818A7A3D3401FDAD&index=10>

а) Основная литература	
1) Ардеев, Ж. А. Прочностные расчеты с применением программы АРМ Winmachine [Электронный ресурс]: [учебное пособие]: направление бакалавра 110800 Агроинженерия, 190100 Наземные транспортно-технологические комплексы, 140100 Теплотехника и теплоэнергетика / Ж. А. Ардеев, В. Н. Пермяков, А. В. Ефимов ; Башкирский ГАУ. - Уфа : [б. и.], 2013 – 216с. - Режим доступа: http://biblio.bsau.ru/metodic/20844.pdf	
2) Ардеев, Ж. А. Прочностные расчеты с применением программы АРМ Winmachine [Текст]: [учебное пособие]: направление бакалавра 110800 Агроинженерия, 190100 Наземные транспортно-технологические комплексы, 140100 Теплотехника и теплоэнергетика / Ж. А. Ардеев, В. Н. Пермяков, А. В. Ефимов; Башкирский ГАУ. - Уфа: 2013. – 216с.	
3) Кирьянов, Д.В. Mathcad 13 [Текст]: самоучитель / Д. В. Кирьянов. - СПб. БХВ-Петербург, 2006	
б) Дополнительная литература	
1) Хруничева Т.В. Детали машин: типовые расчеты на прочность [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Хруничева. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. - 224 с.	
2) Александров, А.В. Сопротивление материалов [Текст]: учебник / А.В.Александров. - М. Высш. шк., 2004.	
3) Металлические конструкции [Текст]: учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Промышленное и гражданское строительство" напр. подготовки "Строительство": допущено М-вом образования и науки РФ / [Ю. И. Кудишин и др.]; под ред. Ю. И. Кудишина. - 11-е изд., стер. - М.: Академия, 2008. - 681 с	
4) Металлические конструкции. Расчет элементов и соединений с использованием программного комплекса SCAD OFFICE [Текст]: учеб. пособие для подготовки бакалавров и магистров по направлению 270800 "Строительство": рекомендовано УМО вузов РФ по образованию / А. А. Семенов [и др.]. - М.: СКАД СОФТ : Ассоциация строительных вузов, 2012. - 338 с.	