

# *APM Drive*

---

Руководство пользователя

# *APM Drive*

---

Модуль комплексного расчета и проектирования приводов произвольной структуры в пространстве

*Версия 13*

Руководство пользователя

Научно-технический центр «Автоматизированное Проектирование Машин»  
141070, Россия, Московская область, г. Королёв, Октябрьский бульвар 14, оф.6  
тел./факс: +7 (498) 600-25-10, (495) 514-84-19.

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

Авторские права © 1989 – 2015 Научно-технический центр «Автоматизированное проектирование машин». Все права защищены. Все программные продукты НТЦ «АПМ» являются зарегистрированными торговыми марками центра. Названия и марки, упомянутые в данном руководстве, являются зарегистрированными торговыми марками их законных владельцев.

Отпечатано в России.

# Содержание

<b>Содержание .....</b>	<b>3</b>
<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
Основные положения.....	4
Требования к аппаратному и программному обеспечению .....	4
Краткий путеводитель по руководству пользователя.....	4
Шрифты, используемые в этой книге .....	4
<b>Глава 1. Типы расчетов.....</b>	<b>5</b>
Проектировочный расчет.....	5
Проверочный расчет по моменту .....	5
Проверочный расчет по долговечности .....	5
Проектирование с ограничениями.....	6
<b>Глава 2. Редактор кинематических схем .....</b>	<b>7</b>
Панель инструментов Стандартная .....	7
Панель инструментов Валы .....	7
Панель инструментов Подшипники .....	7
Панель инструментов Передачи.....	8
Строка состояния .....	8
Использование мыши .....	8
<b>Глава 3. Команды APM Drive .....</b>	<b>10</b>
Меню Файл.....	10
Меню Правка .....	11
Меню Вид .....	11
Меню Вставка .....	12
Меню Схема.....	12
Меню Тип расчета .....	13
Меню Расчет.....	14
Меню Результаты.....	14
Меню Окно .....	14
Меню Помощь.....	14
<b>Глава 4. Порядок и особенности проектирования привода в APM Drive.....</b>	<b>15</b>
Шаг 1 – основной. Составление кинематической схемы .....	15
<i>Отрисовка валов .....</i>	<i>15</i>
<i>Отрисовка передачи .....</i>	<i>15</i>
<i>Отрисовка подшипников .....</i>	<i>16</i>
<i>Указание входного и выходного валов.....</i>	<i>16</i>
Шаг 2 – основной. Задание исходных данных привода.....	16
Шаг 3 – вспомогательный. Разбивка передаточных отношений .....	17
Шаг 4 – вспомогательный. Параметры расчета пользователя.....	17
Шаг 5 – основной. Расчет .....	18
Шаг 6 – основной. Просмотр результатов .....	18
Порядок и особенности расчета планетарных передач .....	19
Порядок и особенности проверочного расчета схемы .....	21
<i>Расположение валов в пространстве .....</i>	<i>21</i>

# Введение

---

## Основные положения

Модуль *APM Drive* представляет собой инструмент для комплексного расчета и проектирования привода вращательного движения произвольной структуры. С помощью *APM Drive* можно получить геометрические размеры зубчатых и червячных колес, а также подходящие размеры подшипников качения и валов. Процедура вычислений выполняется автоматически. При этом корректировка конструкции в зависимости от полученных промежуточных результатов осуществляется в интерактивном режиме. В целом программа завершает работу автоматической генерацией сборочного чертежа редуктора (в плоском графическом редакторе *APM Graph*).

В качестве инструментов для расчета и проектирования привода используются следующие модули системы *APM WinMachine*: *APM Trans*, *APM Shaft*, *APM Bear*, *APM Base*, *APM Graph*. При этом в полном объеме можно использовать возможности перечисленных модулей. Модуль *APM Drive* представляет собой объединяющий модуль, который готовит исходные данные для функционирования и последовательного запуска каждого из перечисленных выше модулей. По этой причине работа модуля *APM Drive* оказывается невозможной, если при установке системы *APM WinMachine* отсутствует хотя бы один из перечисленных модулей.

## Требования к аппаратному и программному обеспечению

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

## Краткий путеводитель по руководству пользователя

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

**Глава 1. Типы расчетов** характеризует типы расчетов, которые позволяет проводить *APM Drive* проектировочный расчет; проверочный расчет по моменту; проверочный расчет по долговечности.

**Глава 2. Редактор кинематических схем** описывает элементы пользовательского интерфейса *APM Drive* – меню, компоненты редактора, панели инструментов.

**Глава 3. Команды *APM Drive*** включает подробное описание всех команд, пиктографических меню и диалоговых окон системы.

**Глава 4. Порядок и особенности проектирования привода в *APM Drive*** содержит полное руководство по выполнению расчета привода. Рассматривается порядок отрисовки кинематической схемы привода, задание основных и дополнительных исходных данных, выполнение расчета и просмотр результатов.

## Шрифты, используемые в этой книге

Для того чтобы облегчить восприятие книги, мы использовали следующий набор шрифтов  
**Help** Жирный шрифт применяется для обозначения команд модуля *APM Drive*

*Results* Курсив используется для названий диалоговых окон и их элементов

## Глава 1. Типы расчетов

С помощью *APM Drive* можно выполнить следующие типы расчетов:

- проектировочный расчет кинематической схемы;
- проверочный расчет кинематической схемы по моменту;
- проверочный расчет кинематической схемы по долговечности.

### Проектировочный расчет



При проектировочном расчете по условиям работы рассчитываются геометрические размеры элементов кинематической схемы – передач, подшипников и валов. В качестве входных параметров выступают момент на выходе, обороты на выходе, передаточные отношения элементов схемы, требуемый ресурс. Кроме того, для каждого элемента схемы можно задавать дополнительные параметры, такие как материал, тип термообработки и т.д. Используя эти данные, *APM Drive* рассчитывает основные геометрические размеры передач, основываясь на критериях усталостной прочности на изгиб и сопротивления выкрашиванию, делает предварительный подбор геометрии валов, исходя из критерия усталостной прочности, и выбирает требуемые при этом подшипники.

После этого геометрию каждого вала можно задать детально с учетом всех его особенностей – канавки, шпонки, шлицы, фаски и т.д. Пользователь также может вручную установить требуемые подшипники.

Проектировочный расчет может быть выполнен с различными ограничениями. Подробнее смотреть раздел «Проектирование с ограничениями».

### Проверочный расчет по моменту

С помощью проверочного расчета по моменту определяется нагрузочная способность как схемы в целом, так и отдельных ее элементов. Входными данными являются геометрические параметры элементов кинематической схемы (передач, подшипников, валов) целиком передачи при заданных значениях параметров (геометрических размеров, характеристик конструкционных материалов и т.п.). В результате вычисляется, в том числе, и максимальная передаваемая мощность.

Для выполнения проверочного расчета необходимо задать геометрические параметры передач, валов и подшипников. Для этого используется команда «Параметры» контекстного меню. Данное меню доступно при нажатии правой кнопки мыши в режиме «Выделить»  при выбранном элементе схемы или командой меню **Вид |  Параметры**.

Если перед расчетом не заданы подшипники, то они будут подобраны в результате проверочного расчета.

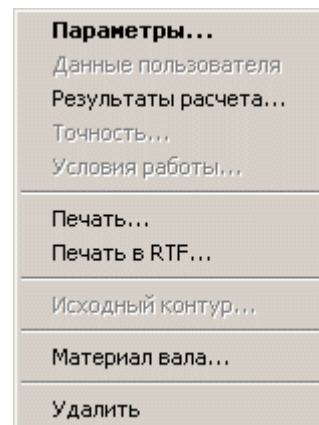




Рис. 1.1 Контекстное меню.

### Проверочный расчет по долговечности

С помощью проверочного расчета по долговечности определяется долговечность элементов кинематической схемы. Входными данными являются геометрические параметры элементов кинематической схемы (передач, подшипников, валов) целиком передачи при заданных значениях параметров (геометрических размеров, характеристик конструкционных материалов и т.п.).

Для выполнения проверочного расчета необходимо задать геометрические параметры передач, валов и подшипников. Для этого используется команда «Параметры» контекстного меню. Данное меню доступно при нажатии правой кнопки мыши в режиме «Выделить»  при выбранном элементе схемы или командой меню **Вид |  Параметры**.

Если перед расчетом не заданы подшипники, то они будут подобраны в результате проверочного расчета.

## Проектирование с ограничениями

В *APM Drive* возможны дополнительные ограничения на параметры проектируемых передач редуктора. Такая необходимость возникает при проектировании передачи, например, со стандартным межосевым расстоянием или определенным углом наклона зубьев и т.д. Для задания ограничений необходимо ввести **дополнительные данные**, которые позволяют наложить ограничения на рассчитываемую передачу. Вызов диалогового окна ввода **дополнительных данных** осуществляется нажатием кнопки «Еще...» окна ввода основных данных (команда «Параметры» всплывающего по правой кнопке мыши меню). Признаком установленного параметра является любое отличное от нуля значение. Это соглашение действует на все дополнительные параметры кроме установки коэффициентов смещения инструмента, которые могут иметь нулевое значение. При этом Вас попросят подтвердить их значения в случае равенства нулю.

**Для выполнения расчета обязательным является введение всех основных данных. Вводить дополнительные данные следует только при наложении ограничения.**

## Глава 2. Редактор кинематических схем

Необходимую информацию для проведения расчета и проектирования всего многообразия приводов вращательного движения следует задать, используя встроенный редактор произвольных кинематических схем (рис. 2.1). Он организован таким образом, что формирование кинематических схем обеспечивается за счет использования примитивов, из которых собирается схема произвольной структуры. Этот редактор предназначен также для ввода исходных данных, необходимых для выполнения проектировочного расчета как привода в целом, так и отдельных его элементов.

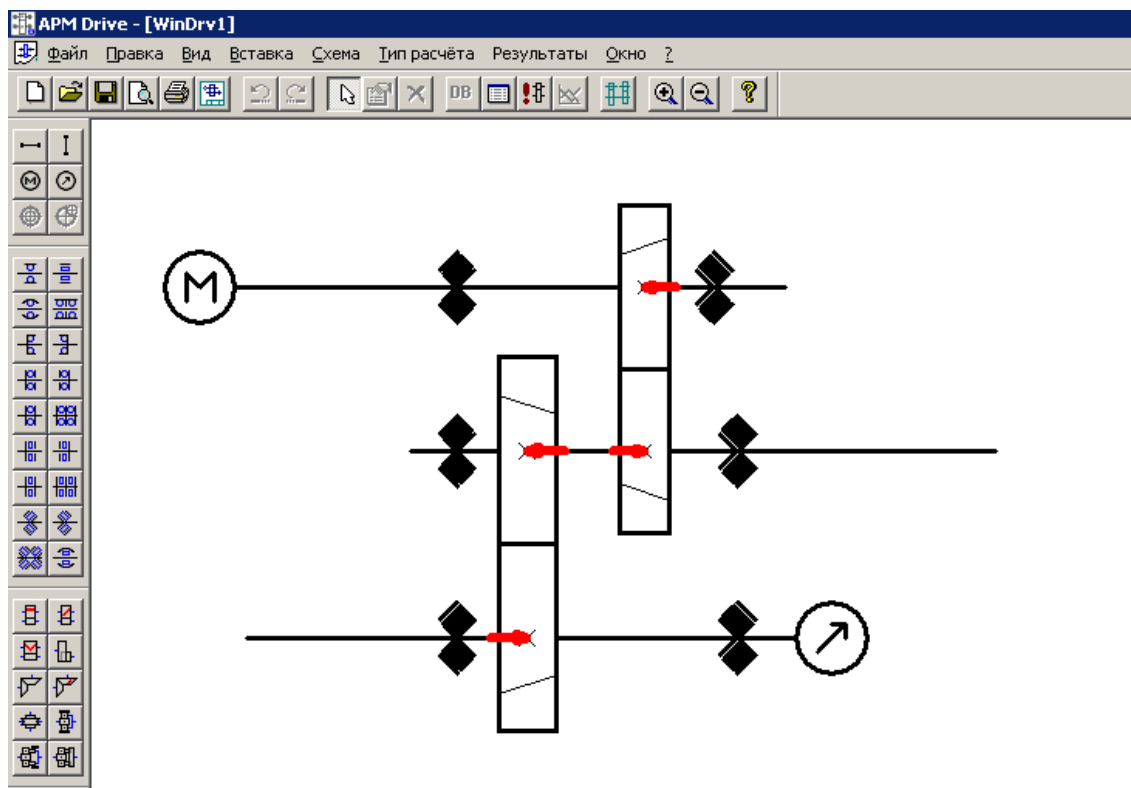


Рис. 2.1 Редактор кинематических схем.

Вы можете управлять отображением панелей инструментов данного редактора, используя пункт меню **Вид | Панели инструментов**. В редакторе используется 4 панели инструментов: Стандартная, Валы, Подшипники, Передачи.

### Панель инструментов Стандартная



Рис. 2.2 Панель инструментов **Стандартная**.

Используя эту панель, Вы можете создать новую схему, сохранить ее, распечатать, редактировать параметры элементов схемы и т.д. (см. Главу 2).

### Панель инструментов Валы

Используя эту панель, Вы можете добавить в схему вертикальные и горизонтальные валы, точки входа и выхода, определить соосность и несоосность схемы.

### Панель инструментов Подшипники

Используя эту панель, Вы можете добавлять в схему подшипники различных типов.

## Панель инструментов Передачи

Используя эту панель, Вы можете добавлять в схему передачи различных типов.



Рис. 2.3 Панель инструментов Валы



Рис. 2.4 Панель инструментов Подшипники.



Рис. 2.5 Панель инструментов Передачи.

## Строка состояния

В строке состояния отображается подсказка к текущей команде.

## Использование мыши

Если на Вашей мыши есть колесико прокрутки, Вы можете использовать его для масштабирования схемы. Прокрутка вниз увеличит изображение, вверх – уменьшит.

Если Вы выбрали какой-либо элемент схемы, то, щелкнув правой кнопкой мыши, Вы можете вызвать контекстное меню (рис. 2.6) с перечнем команд для данного элемента.

Перечень активных команд зависит от типа выбранного объекта: вал, передача, подшипник, входной или выходной вал. Описания команд контекстного меню приведено в таблице 2.1.

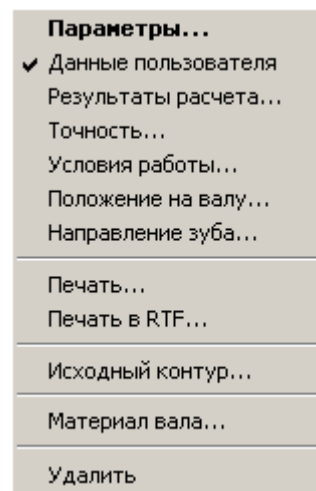


Рис. 2.6 Контекстное меню.

Таблица 2.1 – Команды контекстного меню

Команда контекстного меню	Объект APM Drive	Описание команды
Параметры...	Для всех, кроме выходного вала	Вызов окна исходных данных системы расчета соответствующего объекта: подшипники – APM Bear, валы – APM Shaft, передачи – APM Trans. Для входного вала – выбор направления вращения.
Данные пользователя	Валы, передачи, подшипники	Отмечено <input checked="" type="checkbox"/> если пользователем внесены изменения в параметры объекта по умолчанию
Результаты расчета...	Для всех, кроме входного и выходного вала	Вызов диалогового окна результаты расчета соответствующего объекта: подшипники – APM Bear, валы – APM Shaft, передачи – APM Trans.



Точность...	Подшипники	Вызов окна APM Bear задания точности подшипника.
Условия работы...	Подшипники	Вызов окна APM Bear задания условий работы подшипника.
Положение на валу...	Цилиндрические зубчатые передачи	Вызов окна точного задания положения передачи на валу.
Направление зуба...	Косозубые цилиндрические передачи, конические с круговым зубом.	Вызов окна задания направления наклона зубьев.
Печать...	Для всех, кроме входного и выходного вала	Вызов диалога печати исходных данных и результатов расчета на принтер системы расчета соответствующего объекта.
Печать в RTF...	Для всех, кроме входного и выходного вала	Вызов диалога печати исходных данных и результатов расчета на принтер системы расчета соответствующего объекта.
Исходный контур...	Зубчатые передачи	Вызов диалогового окна APM Trans выбора ГОСТ исходного контура.
Материал вала...	Валы	Вызов диалогового окна APM Shaft выбора материала вала.
Удалить	Для всех объектов	Удаление выбранного объекта.

## Глава 3. Команды APM Drive

В данной главе приводится подробное описание команд меню *APM Drive*. Структура главного меню представлена на рисунке 3.1.

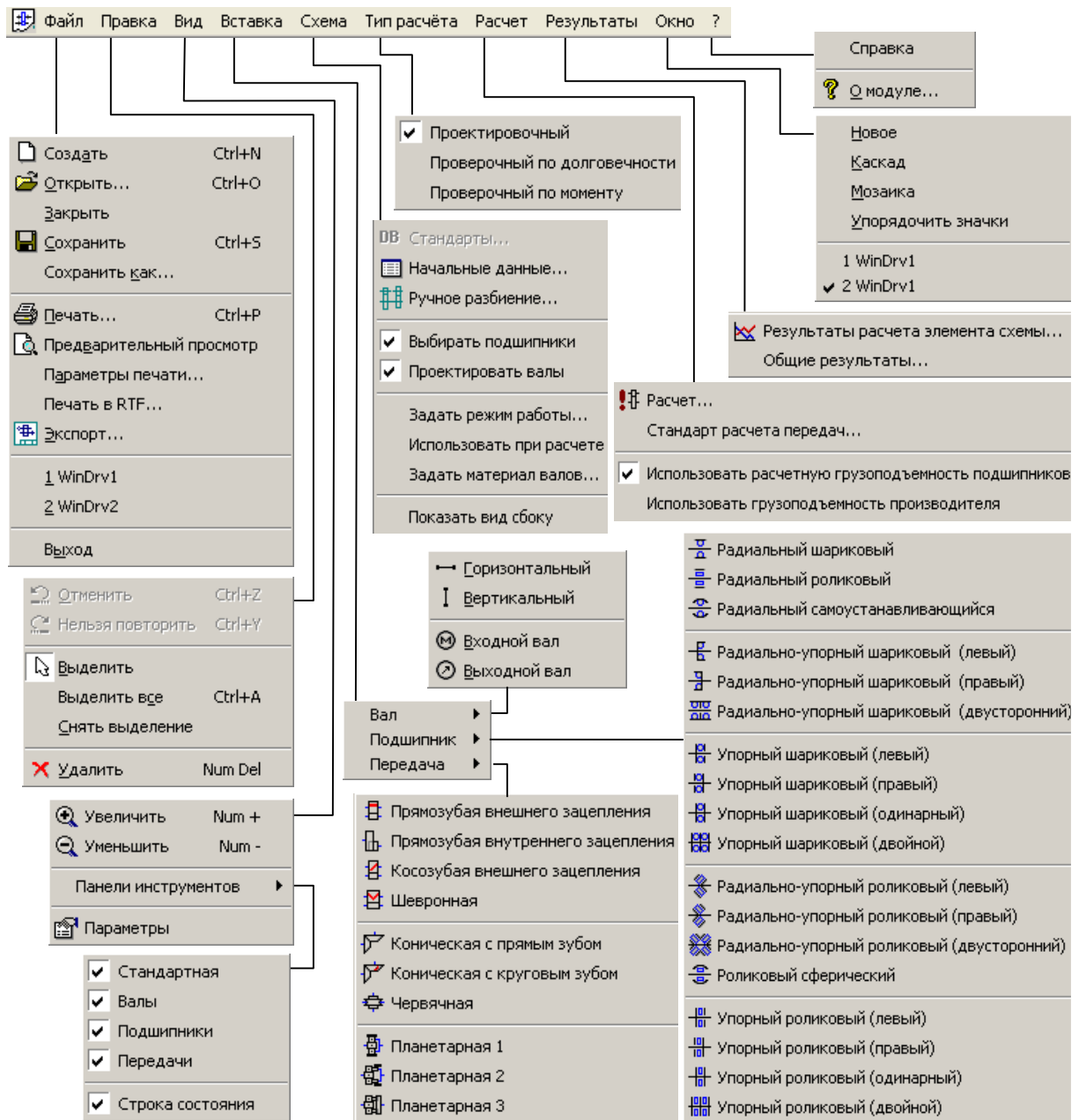




Рис. 3.1 Структура главного меню системы APM Drive.


### Меню Файл

Команды этого раздела позволяют создавать новую схему, работать с файлами, осуществлять печать и экспорт схемы.


 **Создать** – позволяет создать новый документ.


 **Открыть** – позволяет открыть уже созданный файл. После вызова команды на экране появляется стандартное диалоговое окно *Открытие файла*.

**Закреть** – закрывает активную кинематическую схему. Если в схемы были внесены какие-либо изменения, то программа предложит сохранить их. Сохранение происходит с использованием стандартного диалогового окна *Сохранение файла*.

 **Сохранить** – команда сохраняет активную схему в файле формата .awd. После вызова команды на экране появляется стандартное диалоговое окно *Сохранение файла*. Если схема ранее не сохранялась, то появится диалоговое окно *Сохранить как*.


**Сохранить как** – команда сохраняет активную схему, обязательно запрашивая у вас имя сохраняемого файла. После вызова команды на экране появляется стандартное диалоговое окно *Сохранить как*.

 **Печать** – команда позволяет распечатать активную схему. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно *Печать*.

 **Предварительный просмотр** – команда позволяет просмотреть внешний вид документа, который может быть выведен на печать.

**Параметры печати** – команда позволяет произвести выбор и настройку принтера. После вызова команды на экране появляется стандартное диалоговое окно *Параметры печати*.


**Печать в RTF** – команда позволяет сохранить параметры схем и рисунок передачи в файле формата .rtf, который затем можно просматривать и редактировать в MS Word.

 **Экспорт** – команда позволяет создать чертеж редуктора в модуле *APM Graph*. После вызова команды на экране появляется диалоговое окно *Экспортирование файла*, в котором Вы должны указать имя файла, в котором будет отрисован редуктор.


**Выход** – команда закрывает текущие открытые документы и завершает работу программы.

## Меню Правка

Это меню позволяет работать с элементами схемы, выделять и удалять их.


 **Отменить** - команда отменяет последнее действие.

 **Повторить** – команда повторяет последнее действие.

 **Выделить** – команда позволяет выделять элементы кинематической схемы.

**Выделить все** – позволяет выделить всю схему.

**Снять выделение** – снимает выделение с элементов кинематической схемы.

 **Удалить** – команда удаляет выделенные элементы.

## Меню Вид

Это меню позволяет масштабировать схему, управлять отображением панелей инструментов, вызывать диалоги для ввода параметров выделенных элементов схемы.

 **Увеличить** – команда позволяет увеличить размер показываемого рабочего поля.

 **Уменьшить** – команда позволяет уменьшить размер показываемого рабочего поля

**Панели инструментов** – в выпадающем меню Вы можете отметить, какие панели инструментов показывать, а какие – нет.



**Параметры** – команда позволяет просматривать и редактировать свойства элементов схемы. Если выбран вал, то после вызова команды запустится модуль *APM Shaft* с уже нарисованным валом. Если выбрана передача, то появится окно ввода данных для конкретной передачи из модуля *APM Trans*. Если выбран подшипник – появится окно из модуля *APM Bear*.

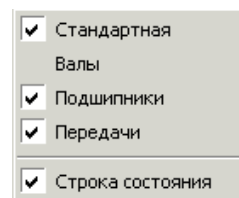


Рис. 3.2 Выпадающее меню выбора панелей инструментов.

## Меню Вставка

**Вал** – после вызова команды в выпадающем меню Вы можете выбрать вал требуемого типа или другой элемент, а затем добавить их в схему.



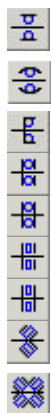
Горизонтальный вал

Вертикальный вал

Входной вал

Выходной вал

**Подшипник** – после вызова команды в выпадающем меню Вы можете выбрать требуемый тип подшипника, а затем добавить его в схему.



Радиальный шариковый

Радиальный самоустанавливающийся

Радиально-упорный шариковый (левый)

Упорный шариковый (левый)

Упорный шариковый (одинарный)

Роликовый упорный (левый)

Роликовый упорный (одинарный)

Радиально-упорный роликовый (левый)

Радиально-упорный роликовый (двусторонний)



Радиальный роликовый

Радиально-упорный шариковый (двусторонний)

Радиально-упорный шариковый (правый)

Упорный шариковый (правый)

Упорный шариковый (двойной)

Роликовый упорный (правый)

Роликовый упорный (двойной)

Радиально-упорный роликовый (правый)

Роликовый сферический

**Передача** – после вызова команды в выпадающем меню Вы можете выбрать необходимую передачу, а затем добавить ее в схему.



Прямозубая внешнего зацепления

Шевронная

Коническая с прямым зубом

Червячная

Планетарная 2



Косозубая внешнего зацепления

Прямозубая внутреннего зацепления

Коническая с круговым зубом


Планетарная 1


Планетарная 3

## Меню Схема



**Стандарты** – команда позволяет выбрать стандарт из базы данных.

 **Начальные данные** – команда вызывает диалоговое окно (рис. 3.3) ввода начальных данных.

 **Ручная разбивка** - команды выводит окно задания и редактирования параметров разбиения кинематической схемы (рис. 3.4). Данная команда доступна только для проектировочного расчета.

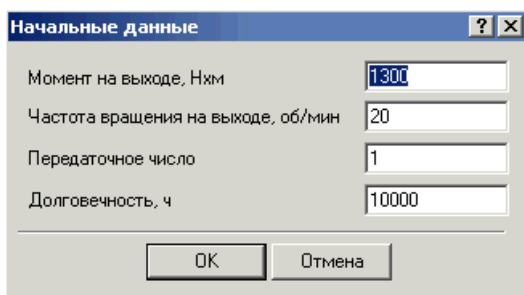


Рис. 3.3 Диалоговое окно Начальные данные.

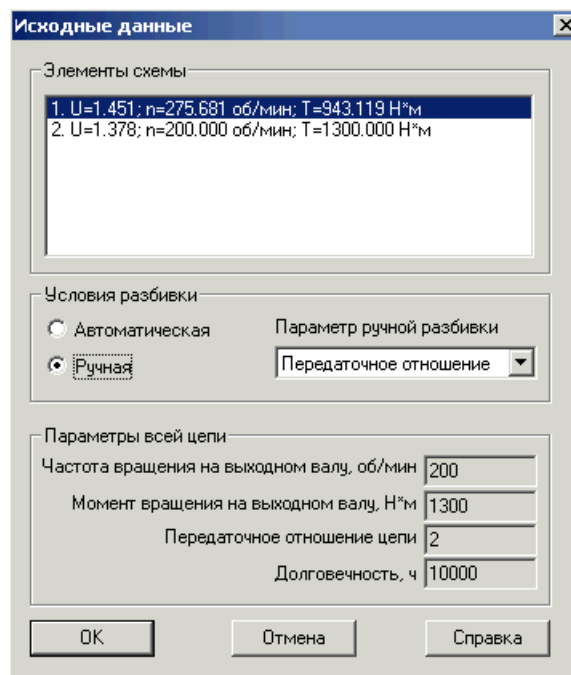


Рис. 3.4 Окно редактирования параметров разбиения схемы.

**Выбирать подшипники** – данный флаг запрещает или разрешает подбор подшипников из базы данных в процессе расчета. Если он не включен то, выполняется расчет текущего подшипника.

**Проектировать валы** – данный флаг запрещает или разрешает изменение геометрии вала в процессе проектировочного расчета. Если он не включен то, выполняется расчет текущего вала.

**Задать режим работы** – вызывает меню (рис. 3.5) выбора режима нагружения (постоянный, тяжелый, средневероятностный, средненормальный, легкий, очень легкий, задан пользователем). Если выбран режим, заданный пользователем, автоматически запустится редактор задания графика переменной нагрузки.

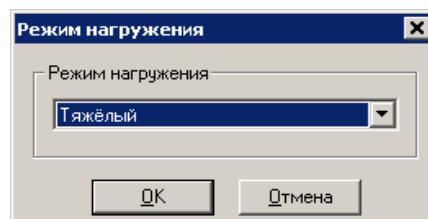


Рис. 3.5 Диалоговое окно выбора режима нагружения.

**Использовать при расчете** – эта команда разрешает использовать при расчете график режима нагружения.

**Задать материал валов** – позволяет задавать параметры материала валов или брать их из базы данных. После выполнения команды на экране появляется диалоговое окно *Материал вала* из модуля *APM Shaft*.


**Показать вид сбоку** – команда переводит редактор в режим показа схемы сбоку, который используется для задания относительного расположения валов в пространстве. Щелкните левой кнопкой мыши слева или справа от схемы, чтобы показать новый вид. Подробнее смотреть Главу 4.

## Меню Тип расчета

Команды этого меню устанавливают текущий тип расчета.

- проектировочный;
- проверочный по долговечности;
- проверочный по моменту.

## Меню Расчет


 **Расчет...** – команда «запуска на расчет».

**Стандарт расчета передач...** – команда позволяет выбрать стандарт расчета передач (ГОСТ, ISO, AGMA) из базы данных.

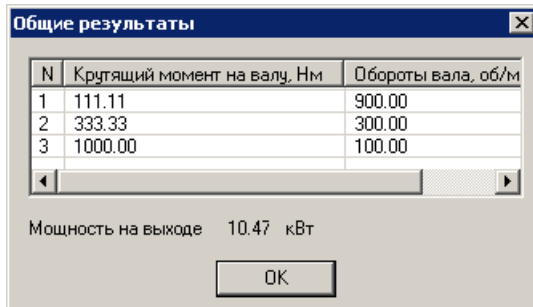
**Использовать расчетную грузоподъемность**  
**Использовать грузоподъемность производителя**

Выбор метода определения грузоподъемности: расчетная или данные производителя. Данные производителя можно использовать только для стандартных подшипников из базы данных. Для не стандартных подшипников используется теория неидеального контакта независимо от выбора.

## Меню Результаты

 **Результаты расчета элемента схемы** – команда выводит окно результатов расчета выбранного элемента кинематической схемы (из модулей *APM Trans*, *APM Bear*, *APM Shaft*).

**Общие результаты** – вызывает диалог (рис. 3.7) с краткими сводными результатами расчета.



N	Крутящий момент на валу, Нм	Обороты вала, об/м
1	111.11	900.00
2	333.33	300.00
3	1000.00	100.00

Мощность на выходе 10.47 кВт

OK

Рис. 3.6 Диалоговое окно *Общие результаты*.

## Меню Окно


**Новое** – позволяет открыть текущую схему в новом окне.

**Каскад** – позволяет упорядочить открытые окна одно за другим.

**Мозаика** – позволяет упорядочить открытые окна на экране так, чтобы все они были видны в равном объеме.

## Меню Помощь

**Справка** – вызывает справочную систему *APM Drive*.

 **О модуле** – вызывает диалоговое окно *О модуле APM Drive*, в котором отображены сведения об *APM Drive*.





## Глава 4. Порядок и особенности проектирования привода в APM Drive

Как уже упоминалось ранее, модуль *APM Drive* является объединяющим модулем, где в качестве инструментов для расчета и проектирования привода используются модули: *APM Trans*, *APM Shaft*, *APM Bear*, *APM Data* и *APM Graph*. Процесс проектирования и расчета схемы можно условно разбить на 6 шагов. Основные шаги (1,2,5,6) необходимы для проведения проектирования и расчета, вспомогательные (3,4) позволят раскрыть дополнительные возможности *APM Drive*.

Перед началом расчета необходимо установить требуемый тип расчета соответствующими командами меню **Тип расчета**. Далее излагается порядок проведения проекторочного расчета. Особенности проведения проверочного расчета будут указаны ниже.

### Шаг 1 – основной. Составление кинематической схемы

Процесс проектирования привода начинается с составления кинематической схемы. Используя панели инструментов *Валы*, *Подшипники*, *Передачи*, или соответствующие команды меню, Вы сможете создать нужную Вам схему. Минимальная работоспособная схема (рис. 4.1) должна включать в себя следующие элементы:

- Два вала (  - горизонтальный, либо  - вертикальный);
- Одну передачу;
- По два подшипника на каждый из валов;
- Установленные обозначения входного  и выходного  валов.

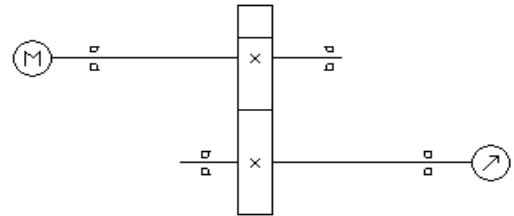


Рис. 4.1 Кинематическая схема.

#### Отрисовка валов

Сначала необходимо нарисовать валы. Когда вы выбрали команду **горизонтальный** или **вертикальный вал**, одиночный щелчок левой кнопкой мыши нарисует вал фиксированной длины. Если нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещать курсор, можно нарисовать вал произвольной длины. В обоих случаях вал будет нарисован только в том случае, если он целиком умещается на листе и не пересекает другие элементы схемы (кроме перпендикулярных валов).

После того, как нарисованы валы, можно поместить на них другие элементы схемы.

#### Отрисовка передачи

Для установки передачи нужно указать два вала, при этом она не должна пересекать другие элементы схемы. После того, как выбран первый вал, от него до курсора будет рисоваться «резиновая» линия, показывающая выбранный вал и возможную точку присоединения передачи (рис. 4.2).

Когда курсор будет находиться над валом, к которому можно присоединить передачу, и передача при этом не будет пересекать другие элементы схемы, «резиновая» линия заменится на пунктирный контур, показывающий возможное положение передачи (рис. 4.3).

Для закрепления передачи на этом месте, следует щелкнуть левой кнопкой мыши. Установленная цилиндрическая передача (рис. 4.4).

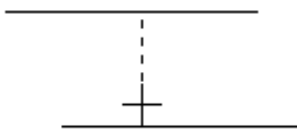


Рис. 4.2 1-й этап отрисовки передачи.

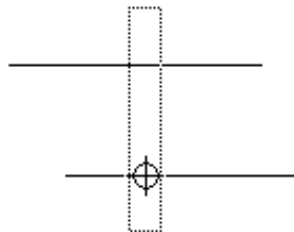


Рис. 4.3 2-й этап отрисовки передачи.

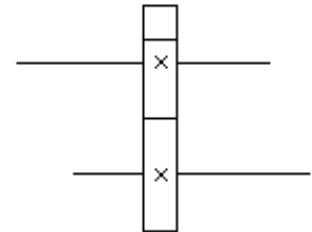


Рис. 4.4 Результат отрисовки передачи.

Для компенсации осевых сил и разгрузки, таким образом, подшипников рекомендуется размещать косозубые зубчатые колеса на одном валу с противоположно направленным наклоном зубьев. Для задания направления наклона зубьев служит команда контекстного меню **Направление зуба...** В появившемся диалоговом окне (рис. 4.5) Вы можете выбрать необходимое направление наклона. Проконтролировать при этом направление осевых сил можно по кинематической схеме. Задание направления наклона линии зуба доступно для цилиндрических косозубых передач и конических передач с круговым зубом.

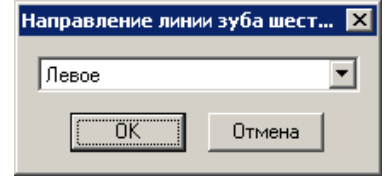





Рис. 4.5 Задание направления наклона зубьев.

### Отрисовка подшипников

Подшипники можно нарисовать только на валу и так, чтобы они не пересекались с другими элементами схемы. Место, где разрешено поместить подшипник, можно определить по виду курсора. Изначально курсор в режиме рисования подшипников (и в режиме рисования вообще) выглядит так:  , когда курсор находится над валом, он меняет форму на  ; если подшипник может быть помещен в этом месте вала, появляется пунктирный контур, показывающий положение подшипника:  . Для закрепления подшипника на этом месте, следует щелкнуть левой кнопкой мыши.

### Указание входного и выходного валов

Для выполнения расчета нужно указать входной и выходной валы. Принципы задания входного и выходного валов такие же, как и при рисовании подшипников, за исключением того, что символы входного и выходного валов могут находиться только на концах вала.

Готовую схему можно редактировать, удаляя и/или перемещая элементы. Перемещать элементы можно только так, чтобы они оставались на валах, к которым они присоединены, и, чтобы в новом положении они не пересекали другие элементы схемы. Это отслеживается системой автоматически, и она не позволит переместить элемент в недопустимое положение.

Чтобы редактировать схему, необходимо сначала отметить один или несколько элементов. Для этого используется команда **Правка | Выделить**, затем с помощью мыши отмечаются необходимые элементы. (Используя клавишу Ctrl, можно отметить несколько элементов). Отмеченные элементы (рис. 4.6) можно удалить командой **Правка | Удалить**, или переместить с помощью мышки.

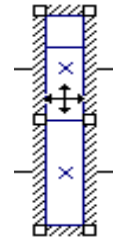




Рис. 4.6

У некоторых элементов можно изменить размер, потянув за черный маркер размера отмеченного элемента:  .

Направление вращения двигателя при расположении валов на одной линии никак не отражается на результатах расчета. Существенную роль играет направление вращения для пространственной схемы расположения валов.

Для задания направления вращения двигателя (входного вала) дважды щелкните по изображению входного вала  или воспользуйтесь командой контекстного меню **Параметры**. В появившемся диалоговом окне (рис. 4.7) выберете направление вращения.

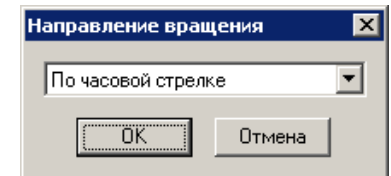



Рис. 4.7 Диалог выбора направления вращения.


## Шаг 2 – основной. Задание исходных данных привода

Затем Вы должны задать начальные данные для расчета параметров, используя команду **Начальные данные**. Вызов производится нажатием кнопки  , либо выбором соответствующего пункта меню. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.3) вводятся следующие параметры:

- Момент на выходе [Н\*м];
- Частота вращения на выходе [об/мин];
- Передаточное число [-];
- Долговечность [ч].



### Шаг 3 – вспомогательный. Разбивка передаточных отношений

После введения исходных данных для расчета можно проконтролировать или отредактировать параметры разбиения общих исходных данных по ступеням (для многоступенчатого редуктора). Для этого Вы можете использовать команду **Ручная разбивка**. Вызов производится нажатием кнопки , либо выбором соответствующего пункта меню.

В появившемся диалоговом окне (рис. 4.8) отображаются рассчитанные программой величины передаточного отношения, числа оборотов, крутящего момента для каждой из ступеней кинематической схемы.

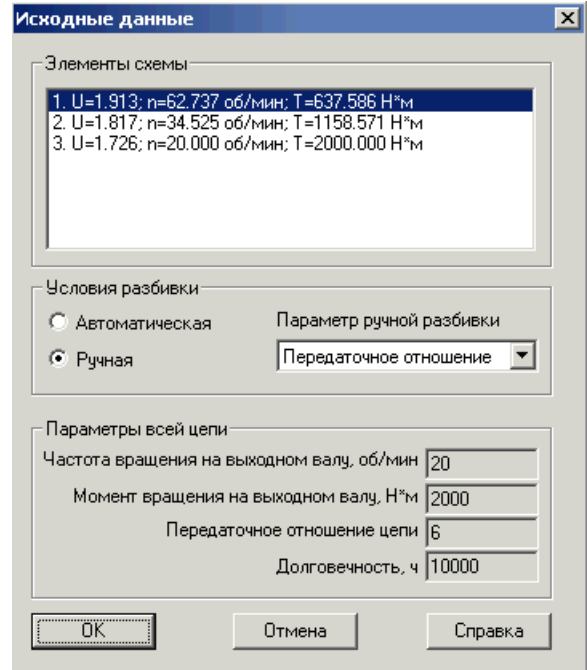


Рис. 4.8 Диалоговое окно Исходные данные.

Если Вы хотите изменить эти параметры, то необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- Перейти в режим ручной разбивки, поставив флаг **Ручная**. При этом станет доступным для работы список **Элементы схемы**.
- Из выпадающего списка **Параметр ручной разбивки** выбрать название того параметра, который Вы хотели бы изменить.
- Щелкните два раза мышкой на нужном элементе списка **Элементы схемы**. При этом появится диалоговое окно **Параметры ступени № N**, (рис. 4.9) где N – номер ступени из списка **Элементы схемы**. Доступным для изменения будет окно именно с тем параметром, который Вы выбрали в выпадающем списке **Параметр ручной разбивки**.

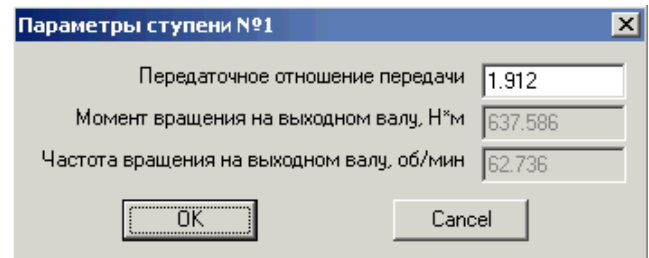



Рис. 4.9 Диалоговое окно Параметры ступени №1.

Следует иметь в виду то, что в последнем элементе схемы Вы можете изменить только передаточное отношение передачи.

### Шаг 4 – вспомогательный. Параметры расчета пользователя

Также Вы можете вручную задать параметры любого подшипника, вала или передачи из кинематической схемы. Для этого, выбрав необходимый элемент, Вы можете использовать команду **Параметры**. Вызов производится нажатием кнопки  или выбором соответствующего пункта меню, а также с использованием соответствующего пункта контекстного меню (нажав правую кнопку мыши). Если выбран вал, то после вызова команды запуситься модуль *APM Shaft*. Если выбрана передача, то появится окно ввода данных для конкретной передачи из модуля *APM Trans*. Если выбран подшипник – появится окно из модуля *APM Bear*. Правила работы с этими модулями следует смотреть в соответствующей документации или справочных системах.

Помимо ввода основных данных для элементов схемы, Вы можете изменить и ряд других параметров с помощью стандартных диалоговых окон соответствующих модулей:

- Для валов Вы можете выбрать из базы данных или задать вручную параметры материала. Для задания материала для всех валов схемы Вы можете использовать пункт меню **Схема |**

**Задать материал валов**, для каждого конкретного вала - соответствующий пункт вызываемого по щелчку правой кнопки мыши контекстного меню.

- Для подшипников Вы можете задать точность и условия работы, используя контекстное меню. Вы можете также просчитать схему с выбранными Вами подшипниками в режиме проекторно-вального расчета если снять флаг в меню **Схема | Выбирать подшипники**.
- Для конкретной передачи Вы можете задать исходный контур, используя соответствующий пункт вызываемого по щелчку правой кнопки мыши контекстного меню.
- Для всей схемы Вы можете задать режим работы, используя пункт меню **Схема | Задать режим работы**. Команда вызывает меню (рис. 3.31) выбора режима нагружения (постоянный, тяжелый, средневероятностный, средненормальный, легкий, очень легкий, задан пользователем). Если выбран режим, заданный пользователем, автоматически запустится редактор задания графика переменной нагрузки, который показан на рис. 3.32.

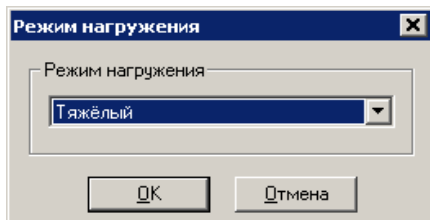


Рис. 4.10 Диалоговое окно выбора режима нагружения.

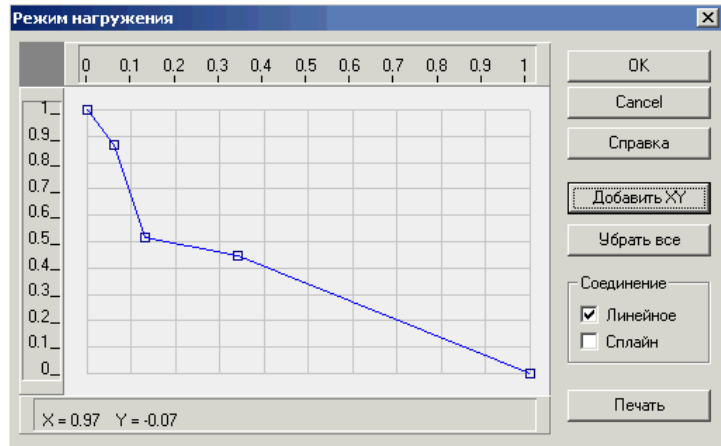





Рис. 4.11 Редактор задания режима нагружения.

В появившемся диалоговом окне Вы можете задать график, количественно определяющий время действия относительного момента. То есть, по вертикали откладывается отношение текущего момента к максимальному, а по горизонтали – отношение времени действия текущего момента ко всему времени работы. Чтобы программа учитывала заданный режим нагружения, следует поставить флаг в меню **Схема | Использовать при расчете**.

## Шаг 5 – основной. Расчет

После введения всех параметров Вы должны произвести расчет схемы. Для этого Вы можете использовать команду **Расчет**. Вызов производится нажатием кнопки , либо выбором соответствующего пункта меню. Сначала программа рассчитывает передачи, затем валы, а после – подшипники. С этим связана важная особенность работы с модулем: при внесении изменений в уже рассчитанную схему следует сначала изменить параметры передачи, затем валов и только потом – подшипников.

## Шаг 6 – основной. Просмотр результатов


После окончания расчетов, Вам следует просмотреть результаты по любому интересующему элементу схемы. Нажав кнопку **Параметры**  (другой вариант – использовать кнопку **Результаты расчетов** ) , вы можете просмотреть следующее: исходные данные для расчета соответствующей передачи, расчетную модель вала, тип и геометрические параметры подобранного подшипника из базы данных. Эту же процедуру можно произвести, если щелкнуть правой кнопкой мыши на выделенном элементе привода. В этом случае появляется контекстное меню, в котором нажатием левой кнопки мыши можно выбрать соответствующий пункт.

Для просмотра результатов расчета модуль *APM Drive* вызывает соответствующие модули расчета: передач (*APM Trans*), валов (*APM Shaft*) или подшипников качения (*APM Bear*) и выводит полученные результаты расчета по выбранному элементу привода диалоговых окнах соответствующего модуля.


В результате, модуль *APM Drive* производит расчет зубчатых передач, подбирает и создает конструкцию вала, подбирает подходящие подшипники из базы данных. Полученные данные расчета могут считаться предварительными, и на любом этапе любой элемент привода может быть скорректирован, и расчет схемы может быть проведен заново.



В процессе расчета возможен случай, когда рассчитанный модулем *APM Shaft* диаметр вала в месте посадки под подшипник выражается таким нестандартным числом, под который в базе данных не находится подходящего подшипника. В этом случае при просмотре параметров расчета соответствующих подшипников в окне *Параметры* модуль *APM Drive* проставляет нули и не указывает номер выбранного подшипника. Естественно и в окне результатов расчета таких подшипников также будут проставлены нули. В этом случае следует изменить диаметр соответствующих сегментов вала до больших стандартных значений, для которых существуют подшипники, и снова запустить модуль *APM Drive* на расчет.

По результатам расчета локальных модулей *APM Trans*, *APM Shaft* можно отрисовать элементы передач и валы, оформленные в виде рабочего чертежа деталей. Рассчитанные по программе *APM Bear* подшипники качения можно отрисовать, используя базу данных. Инструментальной средой для создания чертежа и его последующего редактирования является графический редактор *APM Graph*, который является составной частью *APM WinMachine*, и который предназначен для подготовки и просмотра графической информации всех без исключения модулей.

В целом, программа завершает работу выдачей данных в файл формата \*.rtf и чертежом привода, собранного из его элементов. Автоматическая генерация чертежа привода выполняется с использованием команды **Экспорт** .

## Порядок и особенности расчета планетарных передач

Система *APM Drive* позволяет проводить проектировочный расчет трех основных типов планетарных передач (рис. 4.12, 4.14, 4.16). Выбор типа планетарной передачи осуществляется посредством команды **Передача | Планетарная 1** (2 или 3). После выбора команды подведите курсор к одному из валов на схеме (валы планетарной передачи должны быть соосны) и нажмите левую кнопку мыши, затем подведите курсор к другому валу (если установка передачи возможна, появится ее контур), нажмите еще раз левую кнопку мыши. Передача установлена. Положение передачи на валах можно изменить, выбрав ее (кнопка ) и, не отпуская кнопку мыши, перетащив на нужное место.

Параметры элемента можно изменить, выделив его (кнопка ) , и выбрав команду **Вид | Параметры** (кнопка ) или выбор соответствующего пункта из контекстного меню, вызываемого по щелчку правой кнопки мыши). При этом в появившемся диалоговом окне (рис. 4.13, 4.15, 4.17) можно ввести параметры планетарного механизма: число сателлитов, минимальное и максимальное число зубьев солнца.

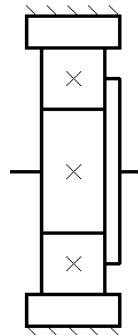


Рис. 4.12 Планетарная передача 1-ого типа.

*A, B* – центральные колеса  
(*A* - подвижное, *B* - неподвижное);  
*G, F* – зубчатые венцы сателлита(ов);  
*H* – водило.

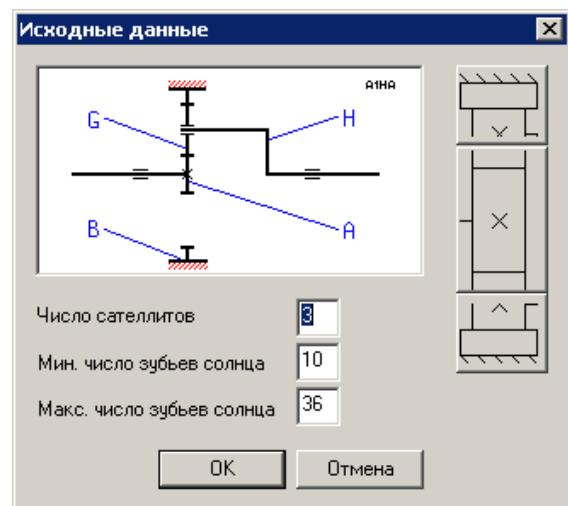


Рис. 4.13 Параметры планетарной передачи 1-ого типа.

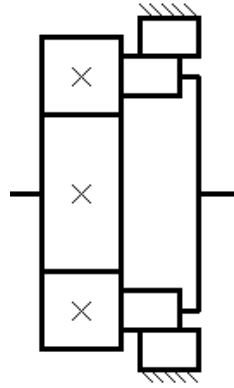


Рис. 4.14 Планетарная передача 2-ого типа.

A, B – центральные колеса  
(A - подвижное, B - неподвижное);  
G, F – зубчатые венцы сателлита(ов);  
H – водило.

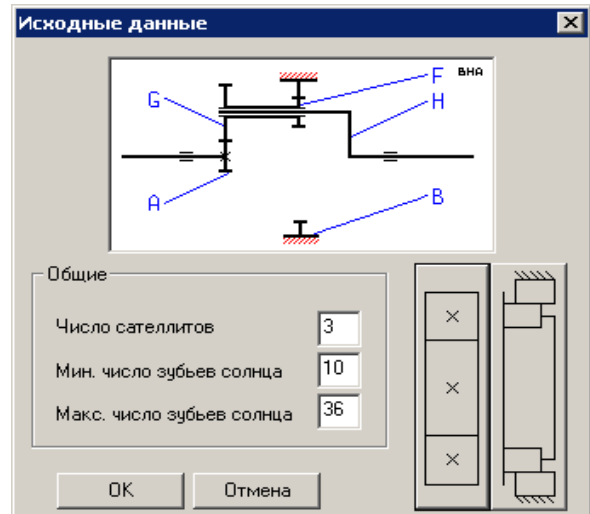


Рис. 4.15 Параметры планетарной передачи 2-ого типа.

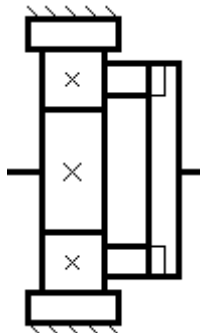


Рис. 4.16 Планетарная передача 3-ого типа.

A, B – центральные колеса  
(A - подвижное, B - неподвижное);  
E – солнце;  
G, F – зубчатые венцы сателлита(ов);  
H – водило.

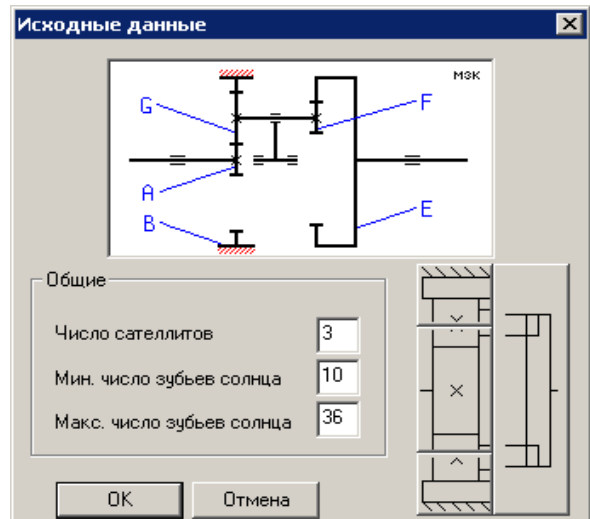


Рис. 4.17 Параметры планетарной передачи 3-ого типа.

Диалоговое окно *Исходные данные* зависит от типа планетарной передачи (рис. 4.13, 4.15, 4.17). В данном окне присутствуют кнопки задания данных каждой зубчатой пары. Пиктограмма на кнопках соответствует схематичному изображению зубчатых пар планетарной передачи. При нажатии на одну из таких кнопок осуществляется вызов окна *APM Trans* (рис. 4.18) для ввода параметров соответствующей зубчатой пары.

Вызов результатов осуществляется командой контекстного меню **Результаты расчета...**

Результаты расчета планетарной передачи (рис. 4.19). В данном окне присутствуют кнопки выбора зубчатой пары для просмотра результатов. Пиктограмма на кнопках соответствует схематичному изображению зубчатых пар планетарной передачи. При нажатии на одну из таких кнопок осуществляется вызов окна *APM Trans* (рис. 4.20) для

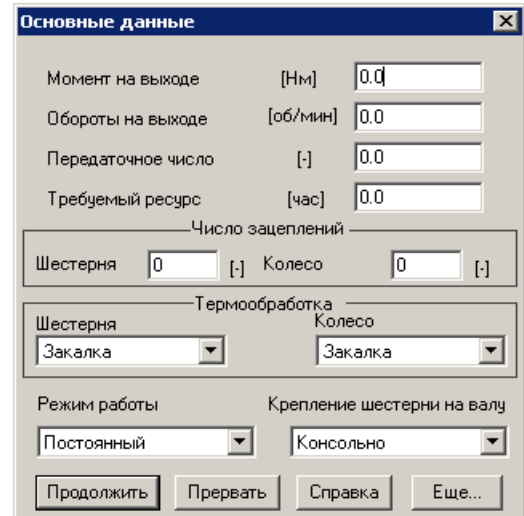


Рис. 4.18 Окно ввода основных

выбора результатов для просмотра.

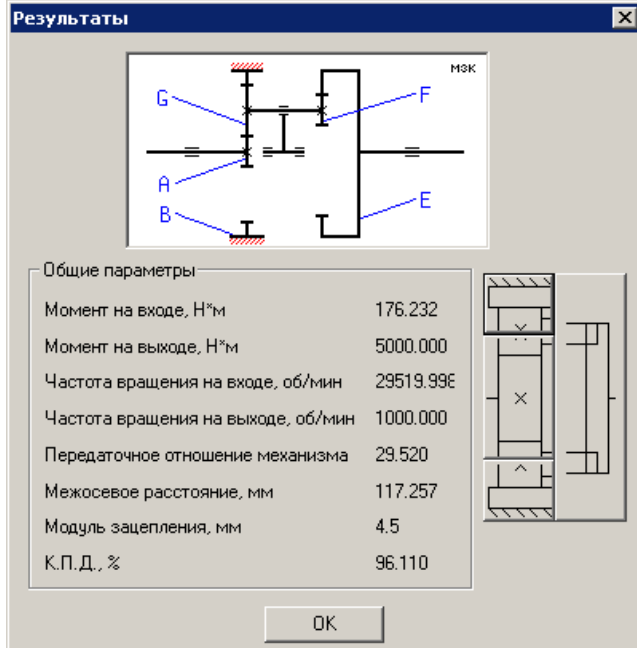


Рис. 4.19 Пример окна результатов расчета планетарной передачи 3-ого типа.

параметров зубчатой пары.

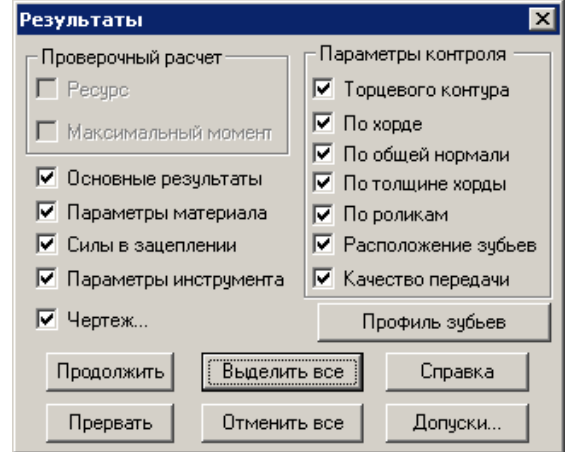


Рис. 4.20 Окно выбора для просмотра результатов расчета зубчатой пары.

## Порядок и особенности проверочного расчета схемы

Порядок проведения проверочных расчетов практически полностью совпадает с проектировочным, за исключением необходимости задания геометрии колес перед расчетом. Геометрические параметры зацепления задаются с помощью команды **Параметры** . Пример задания параметров зацепления показан на рисунке 4.21. С помощью это же команды можно задать необходимые параметры для валов и подшипников. В режиме проверочного расчета команда **Ручная разбивка** становится недоступной.

Дополнительной возможностью является задание относительного расположения валов в пространстве.

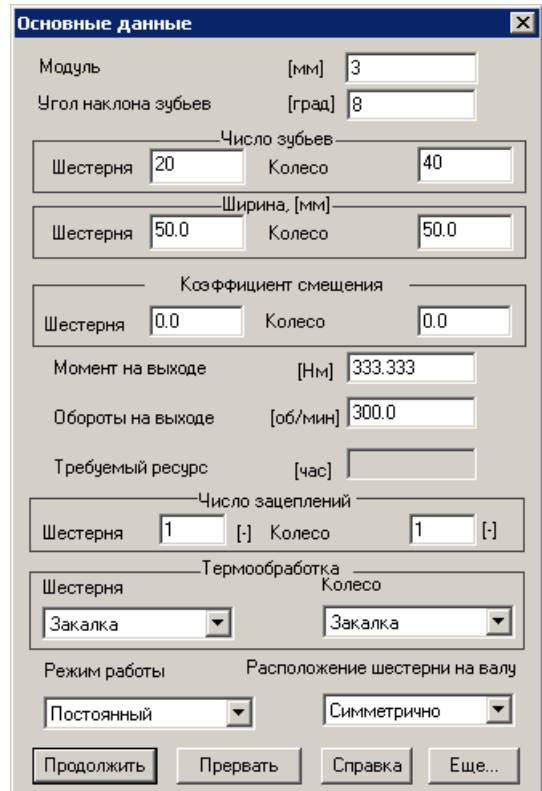


Рис. 4.21 Диалоговое окно задания данных для проверочного расчета.

## Расположение валов в пространстве

По умолчанию все валы привода расположены в одной плоскости. В проверочном расчете доступно расположение валов в пространстве. Задание произвольного расположения валов в простран-

стве возможно на виде схемы сбоку. Для отображение окна с таким видом используется команда **Схема | Показать вид сбоку**. После выбора этой команды переместите курсор влево или вправо от схемы и нажмите левую кнопку мыши. В результате на экране отобразиться новый вид. Пример схемы с видом слева показан на рисунках 4.22 – 4.23.

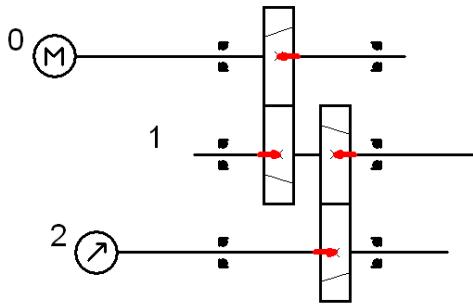


Рис. 4.22 Кинематическая схема.

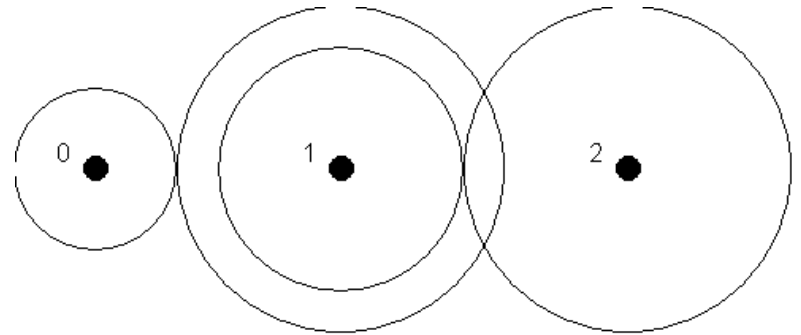


Рис. 4.23 Вид схема слева.

Чтобы задать смещение вала в вертикальной плоскости, щелкните левой кнопкой мыши на требуемом валу на виде сбоку. В результате появится диалоговое окно (рис. 4.24) для задания расположения вала в пространстве.

Вал, которому задается смещение и относительно которого задается смещение, выделяются соответствующим цветом. Следует отметить, что величина смещения ограничена межосевым расстоянием колес. Пример результата задания смещение показан на рисунке 4.25.

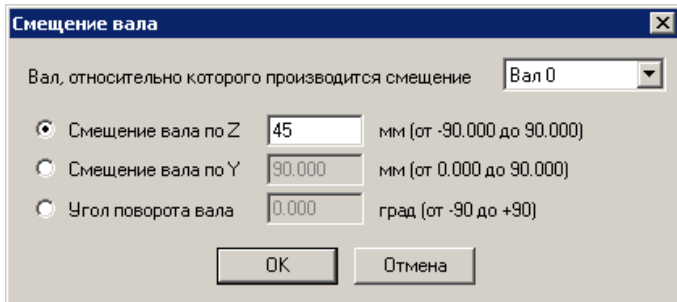


Рис. 4.24 Диалоговое окно Смещение вала.

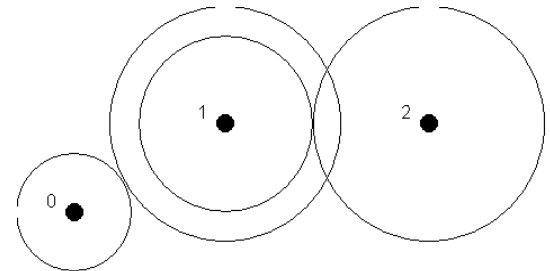


Рис. 4.25 Пример расположения валов в пространстве.