



APM Screw

Руководство пользователя

APM Screw

Система проектирования и расчета винтовых передач

Версия 17

Руководство пользователя

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

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

Авторские права © 1989 – 2019 Научно-технический центр «Автоматизированное проектирование машин». Все права защищены. Все программные продукты НТЦ «АПМ» являются зарегистрированными торговыми марками центра. Названия и марки, упомянутые в данном руководстве, являются зарегистрированными торговыми марками их законных владельцев.

Отпечатано в России.

Содержание

Содержание	3
Введение	4
Основные положения	4
Требования к аппаратному и программному обеспечению	4
Краткий путеводитель по руководству	4
Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты	5
Общие сведения	5
Особенности расчета винтовых передач	5
Исходные данные	6
Результаты	7
Глава 2. Интерфейс системы APM Screw	8
Общий вид	8
Информационные окна	8
Справочник команд	8
Глава 3. Как работать с системой APM Screw	10
Начало работы	10
Выбор типа передачи	10
Ввод исходных данных	10
Выполнение расчета	11
Просмотр результатов	11
Печать исходных данных и результатов	12
Сохранение исходных данных и результатов	12
Выход	12

Введение

Основные положения

APM Screw – система для проектирования и расчета винтовых передач. Название образовано от английского слова «screw» – винт. Система разработана в НТЦ «Автоматизированное Проектирование Машин».

С помощью **APM Screw** можно рассчитать и спроектировать следующие типы винтовых передач:

- винтовые передачи скольжения;
- шарико-винтовые передачи с преднатягом;
- шарико-винтовые передачи без преднатяга;
- планетарно-винтовые передачи.

С помощью **APM Screw** можно рассчитать следующие характеристики винтовых передач:

- геометрические параметры передач;
- силы, действующие в передаче;
- долговечность;
- потери мощности на трение;
- максимальную допустимую нагрузку и др.

APM Screw позволяет выполнить проверочный расчет винтовых передач с учетом точности их изготовления. По результатам расчетов имеется возможность генерации текстового файла отчета в формате *.rtf.

Требования к аппаратному и программному обеспечению

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

Краткий путеводитель по руководству

Во **Введении** (настоящий раздел) приводятся общие сведения о назначении системы, рассчитываемых типах винтовых передач, а также требования **APM Screw** к аппаратному и программному обеспечению.

Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты содержит описание задач решаемых системой **APM Screw**. Приводится список параметров, требуемых для расчета каждого типа передач. Дается описание результатов расчетов.

Глава 2. Интерфейс APM Screw знакомит пользователя с основными элементами интерфейса. В главе приводится справочник всех команд главного меню.

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

Глава 1. Задачи, исходные данные и результаты

Общие сведения

Система *APM Screw* позволяет рассчитывать винтовые передачи. Винтовая передача предназначена для преобразования вращательного движения в поступательное. Такая передача состоит из винта и гайки. В некоторых случаях между винтом и гайкой располагаются другие детали, шарики либо ролики, выполняющие в относительном движении роль сателлитов.

По конструктивному исполнению различают следующие типы винтовых передач (рис. 1.1).



Рис. 1.1 – Классификация винтовых передач, рассчитываемых *APM Screw*.

Винтовая передача скольжения имеет ограниченное применение и состоит из винта, закаленного по поверхности, и гайки, выполненной из бронзы. Передача проста в изготовлении, но имеет низкий КПД, большие потери на трение. Это и объясняет их ограниченное применение. Критерием подбора таких передач является износостойкость, которая, с целью снижения износа, ограничивает величины номинальных удельных давлений на поверхности контакта винта и гайки. Решения, полученные для винтовых передач скольжения, относятся к резьбам трапецеидального и треугольного профиля.

APM Screw позволяет выполнить проверочный расчет передачи. При проверочном расчете определяются выходные параметры передачи при известных ее геометрических параметрах.

В шарико-винтовой передаче между винтом и гайкой располагаются шарики, за счет которых уменьшается трение и повышается КПД. Такие передачи требуют каналов возврата тел качения.

В зависимости от назначения, шарико-винтовые передачи устанавливаются с осевым предварительным натягом и без него. В первом случае винтовая передача конструктивно собирается из двух полугаек. Предварительный натяг повышает жесткость передачи и позволяет управлять величиной этой жесткости.

В планетарно-винтовой передаче в качестве промежуточных элементов используют ролики, которые по аналогии с планетарными передачами называются сателлитами. В этих передачах отсутствуют каналы возврата и конструкция такой передачи считается более надежной по отношению к шарико-винтовой. К тому же она при одних габаритах с шарико-винтовой способна воспринимать большую нагрузку. Ее недостатком является сложность изготовления и, как следствие этого, высокая стоимость. Планетарно-винтовая передача в случае необходимости может быть выполнена с осевым предварительным натягом.

Особенности расчета винтовых передач

Расчет этих передач существенно отличается от общепринятых методик. В его основе лежит представление передачи имеющей погрешности изготовления. Такую передачу в дальнейшем будем называть неидеальной. Неидеальное представление позволяет существенно уточнить методы инженерного расчета и приблизить их модели к реальным. Следует отметить, что использованное в системе решение оригинально и не имеет мировых аналогов.

В основе расчета параметров неидеальной винтовой передачи лежит расчет ее контактной жесткости. Другие характеристики винтовой передачи в большей или меньшей степени зависят от параметра жесткости и перечислены ниже:

- моменты трения;
- потери мощности;
- осевые радиальные и угловые биения;
- тепловыделения;
- долговечность;
- наибольшие контактные напряжения и др.

Неидеальное представление винтовой пары позволяет определить, кроме средних значений параметров, величины их рассеяния, а потому большинство расчетных характеристик представляется в статистически обработанном виде.

Долговечность шариковой и планетарно-винтовой передач определяется по методике принятой при расчете подшипников качения с той лишь разницей, что приведенная нагрузка рассчитывается исходя из фактического (с учетом погрешностей) распределения сил, действующих на тела качения.

Определение контактных напряжений составляет расчет статической прочности передачи. При этом следует помнить, что эти напряжения не должны превышать 3500 МПа так как, в противном случае, велика опасность появления пластических деформаций.

Исходные данные

Для расчета передачи APM Screw требуются следующие исходные данные (таблица 1.1-1.3).

Таблица 1.1 – Исходные данные винтовых передач скольжения

Геометрия			
Наружный диаметр винта	d_e	мм	$5 \div 2000$
Внутренний диаметр винта	d_i	мм	$5 \div 0.7 d_e$
Шаг резьбы винта	p	мм	$2 \div 100$
Высота гайки	h	мм	$2p \div 50p$
Точность изготовления			
Допуск на диаметр винта		мм	$0.0002 \div 20$
Допуск на диаметр гайки		мм	$0.0002 \div 20$
Допуск на шаг резьбы винта		мм	$0.0002 \div 20$
Допуск на шаг резьбы гайки		мм	$0.0002 \div 20$
Чистота поверхности винта		мкм	$0.1 \div 40$
Чистота поверхности гайки		мкм	$0.1 \div 40$
Рабочие условия			
Осевая сила	F_a	Н	$0 \div 10^6$
Частота вращения	n	об/мин	$0.2 \div 3000$
Предел текучести винта		МПа	$100 \div 20000$
Материал винта		–	сталь/чугун/бронза
Материал гайки		–	в.у. сталь/н.у. сталь
Тип резьбы		–	треугольная/трапецеидальная

Таблица 1.2 – Исходные данные шарико-винтовых передач

Геометрия			
Средний радиус винта	r_m	мм	$6 \div 2000$
Радиус тел качения	r_b	мм	$1 \div 300$
Радиус дорожки	r_t	мм	$1 \div 300$
Шаг винта	p	мм	$2 \div 100$
Число тел качения в витке	n_b	–	$3 \div 100$
Число дорожек	n_t	–	$1 \div 20$
Точность изготовления			
Допуск на радиус дорожки винта		мм	$0.0002 \div 20$
Допуск на радиус дорожки гайки		мм	$0.0002 \div 20$
Допуск на шаг резьбы винта		мм	$0.0002 \div 20$
Допуск на шаг резьбы гайки		мм	$0.0002 \div 20$
Накопленная ошибка шага резьбы		мм	$0.0002 \div 20$
Рабочие условия			
Осевая сила	F_a	Н	$0 \div 10^6$
Радиальная сила	F_r	Н	$0 \div 10^5$
Опрокидывающий момент	M	Н·м	$0 \div 9 \cdot 10^5$
Частота вращения	n	об/мин	$0.2 \div 3000$

Коэффициент динамичности	k	–	1÷10
Сила преднатяга*	F _p	H	0÷10 ⁴
Смещение преднатяга*	D _p	мм	0÷2

* Допускается задание только одного из параметров

Таблица 1.3 – Исходные данные планетарно-винтовых передач

Геометрия			
Средний диаметр винта	d _s	мм	6÷2000
Средний диаметр гайки	d _n	мм	6÷2000
Шаг винта	p	мм	1÷200
Радиус профиля сателлита	r _g	мм	10÷2000
Число сателлитов	n _g	–	3÷100
Число рабочих витков	n _t	–	1÷50
Точность изготовления			
Допуск на диаметр винта		мм	0.0002÷20
Допуск на диаметр гайки		мм	0.0002÷20
Допуск на диаметр сателлита		мм	0.0002÷20
Допуск на шаг резьбы винта		мм	0.0002÷20
Допуск на шаг резьбы гайки		мм	0.0002÷20
Допуск на шаг резьбы сателлита		мм	0.0002÷20
Накопленная ошибка шага резьбы		мм	0.0002÷20
Рабочие условия			
Осевая сила	F _a	H	0÷10 ⁶
Радиальная сила	F _r	H	0÷10 ⁵
Внешний момент	M	H·м	0÷9·10 ⁵
Частота вращения	n	об/мин	0.2÷3000
Коэффициент динамичности	k	–	1÷10
Сила преднатяга*	F _p	H	0÷10 ⁴
Смещение преднатяга*	D _p	мм	0÷2

* Допускается задание только одного из параметров

Результаты

Система APM Screw позволяет рассчитать следующие параметры:

- момент холостого хода, Н·м;
- мощность холостого хода, Вт;
- мощность при рабочей нагрузке, кВт;
- долговечность, час;
- максимальное контактное напряжение, МПа;
- тепловыделение, Дж/час;
- потеря мощности, кВт;
- момент трения, Н·м;
- КПД;
- осевое смещение, мкм;
- радиальное смещение, мкм;
- угловое смещение, °.

Для сравнения приводятся долговечность и нагрузочная способность, рассчитанные классическим методом. Кроме того, для шарико-винтовых передач рассчитываются и показываются радиальные силы, действующие на тела качения.

Неидеальное представление винтовой пары позволяет определить, кроме средних значений параметров потерь мощности, момента трения, смещений и т.д., величины их рассеяния, а потому большинство расчетных характеристик представляется в статистически обработанном виде.

Глава 2. Интерфейс системы APM Screw

Общий вид

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



Рис. 2.1 Общий вид системы APM Screw.

Информационные окна

Информационные окна используются для того, чтобы отобразить исходные данные и результаты расчета. Эти окна присутствуют на экране постоянно: *Тип передачи*, *Геометрия*, *Допуски*, *Рабочие условия*, *Результаты*.

Окно *Тип передачи* расположено в левой верхней части экрана (рис. 2.1). В этом окне отображается пиктограмма передачи, которая рассчитывается в данный момент. Двойной щелчок в этом окне вызывает диалоговое окно выбора типа передачи.

Окна *Геометрия*, *Допуски*, *Рабочие условия*, *Результаты* предназначены для отображения соответственных параметров винтовой передачи. Если параметры еще не введены или не рассчитаны, то выводится надпись «Нет данных». Двойное нажатие по какому-либо из этих информационных окон (кроме *Результаты*) выводит соответствующее диалоговое окно ввода исходных данных.

Справочник команд

В этом разделе дается описание всех команд главного меню системы. Структура главного меню представлена на рисунке 2.2.

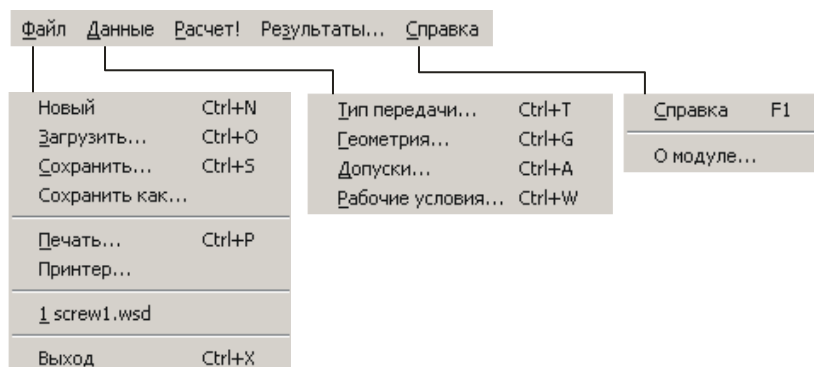



Рис. 2.2 Структура меню APM Screw.

Таблица 2.1 – Справочник команд APM Screw

Команда	Описание команды
Файл Новый (Ctrl+N)	Создание нового документа
Файл Загрузить... (Ctrl+O)	Открытие файла APM Screw (*.wsd).
Файл Сохранить (Ctrl+S)	Сохранение исходных данных и результатов расчетов в файл APM Screw (*.wsd).
Файл Сохранить как...	Сохранение исходных данных и результатов в файл APM Screw (*.wsd) с запросом имени файла.
Файл Печать...(Ctrl+P)	Вызов диалогового окна выбора исходных данных и результатов расчета для печати или генерации файла отчета в формате *.rtf.
Файл Принтер...	Вызов стандартного диалогового окна настройки печати.
Файл Последний файл	Открытие последнего сохраненного файла APM Screw.
Файл Выход (Ctrl+X)	Выход из системы APM Screw.
Данные Тип передачи... (Ctrl+T)	Вызов диалогового окна выбора типа винтовой передачи.
Данные Геометрия... (Ctrl+G)	Вызов диалогового окна ввода геометрических параметров передачи
Данные Допуски... (Ctrl+A)	Вызов диалогового окна ввода параметров точности.
Данные Рабочие условия... (Ctrl+W)	Вызов диалогового окна ввода рабочих параметров.
Расчет!	Запуск расчета винтовой передачи.
Результаты...	Вызов окна просмотра результатов.
Справка Содержание (F1)	Вызов содержания справки по APM Screw
Справка О модуле...	Вывод окна с информацией об установленной версии APM Screw, разработчике и обладателе лицензии на программу.

Глава 3. Как работать с системой APM Screw

Начало работы

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

Чтобы рассчитать передачу в *APM Screw* необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбор типа передачи.
2. Ввод исходных данных (геометрических параметров, допуски на изготовление, передачи, рабочих условий).
3. Выполнение расчета.
4. Просмотр результатов.
5. Печать исходных данных и результатов.
6. Сохранение исходных данных и результатов.

Для получения справочной информации по работе с системой воспользуйтесь командой **Справка | Содержание** или нажмите клавишу F1. В появившемся содержании справочной системы выберете интересующий раздел.

Замечание. Порядок выполнения расчета является достаточно строгим, то есть нельзя ввести исходные данные пока не выбран тип передачи и т.д. Последующие команды будут просто не активны и выбрать их невозможно.

Выбор типа передачи

Выбрать тип передачи можно тремя способами:

- выбрать команду меню **Данные | Тип передачи**;
- дважды щелкнуть мышкой в окне «Тип передачи» (см. главу 2);
- нажать комбинацию клавиш Ctrl + T.

В появившемся диалоговом окне (рис. 3.1) выберете тип передачи и нажмите «Ок». Проконтролировать выбор можно по изображению передачи, расположенному слева. Аналогичная пиктограмма передачи появится в окне *Тип передачи*.

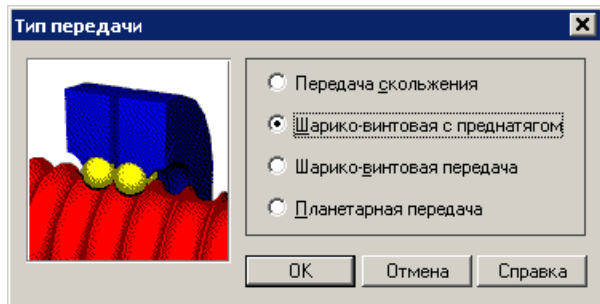


Рис. 3.1 Окно выбора типа передачи.

Ввод исходных данных

Для расчета необходимо ввести три группы исходных данных: геометрические параметры, допуски на изготовление и рабочие условия передачи. Каждая группа параметров отображается в своей области главного окна (рис. 2.).

Для ввода данных используйте команды **Данные | Геометрия...(Ctrl+G)**, **Данные | Допуски...(Ctrl+A)** и **Данные | Рабочие условия...(Ctrl+W)** для соответствующей группы параметров. В результате будут появляться диалоговые окна для ввода параметров (рис. 3.2 – 3.4). Подробно исходные данные и диапазоны вводимых значений представлены в главе 1.

Для задания динамического нагружения необходимо в диалоговом окне *Рабочие условия* установить соответствующий флаг. Для задания графика нагружения нажмите кнопку «Задать режим нагружения». При этом автоматически запустится редактор задания графика переменной нагрузки (рис. 3.5). Координата X = 0...1 редактора соответствует относительному времени одного полного цикла нагружения. Координата Y = 0...1 редактора соответствует относительному значению фактических нагрузок и показывает долю нагрузки относительно номинальной. Максимальное значение Y = 1 соответствует номинальному значению прикладываемых нагрузок. Для задания режима нагружения необходимо указать характерные точки. Сделать это можно или с помощью мыши, используя для контроля значения текущих координат курсора или нажать на кнопку «Добавить XY» и ввести координаты точек с клавиатуры. Аппроксимация точек может быть линейная или сплайном.

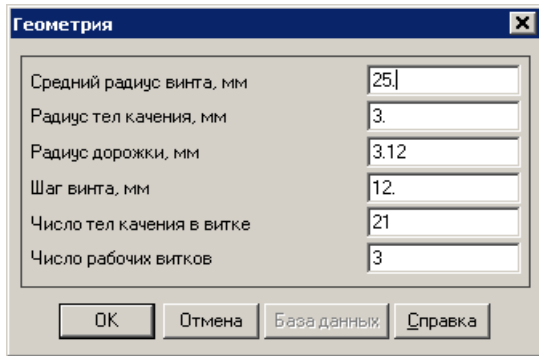


Рис. 3.2 Диалоговое окно ввода геометрических параметров.

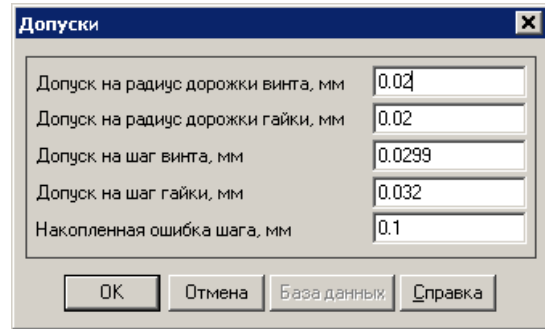


Рис. 3.3 Диалоговое окно ввода параметров точности изготовления.

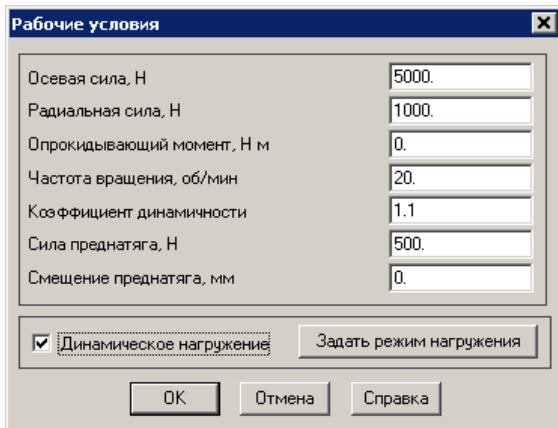


Рис. 3.4 Диалоговое окно ввода рабочих условий.

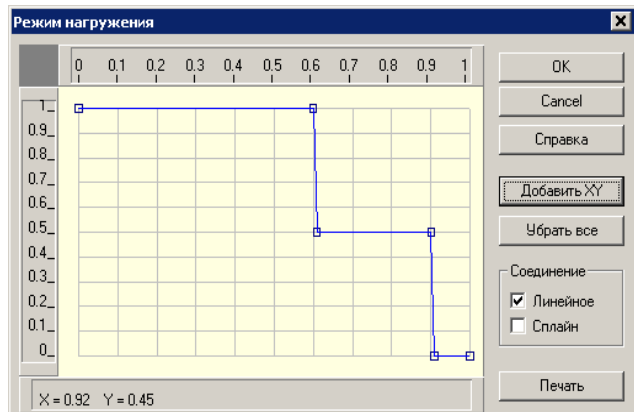


Рис. 3.5 Окно задания графика режима нагружения.

После нажатия кнопки «Ок» система проверяет правильность введенных параметров и выдает сообщения об обнаруженных ошибках (рис. 3.6). В этом случае Вам необходимо ввести корректное значение параметра. Подсказка содержится в сообщении.

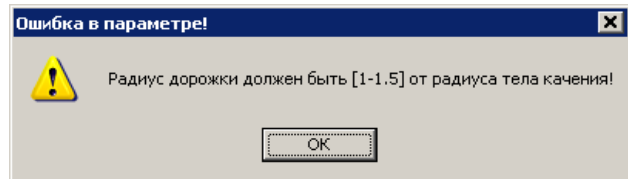


Рис. 3.6 Окно предупреждения.

Выполнение расчета

После того как правильно введены все исходные данные (о чем свидетельствуют более яркие заголовки информационных окон с параметрами) Вы можете провести вычисления, выбрав команду **Расчет!** главного меню. О текущем состоянии расчета и о предполагаемом времени его завершения можно судить по индикатору, появляющемуся во время расчета (рис. 3.7).

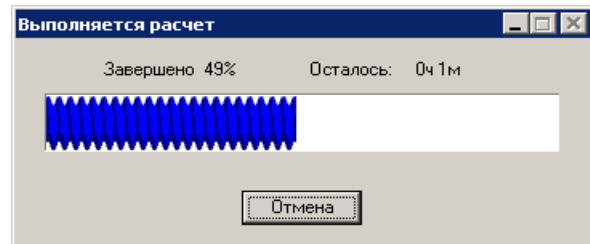


Рис. 3.7 Индикатор выполнения расчета.

Просмотр результатов

После того как расчет закончится, основные результаты появятся в соответствующем окне программы. Для просмотра всех результатов, используйте команду **Результаты...** главного меню. По этой команде появляется диалоговое окно (рис. 3.8), содержащее кнопки, каждая из которых отвечает за демонстрацию отдельной группы результатов.

Неидеальное представление винтовой пары позволяет определить, кроме средних значений параметров потерь мощности, момента трения, смещений и т.д., величины их рассеяния, а потому большинство расчетных характеристик представляется в статистически обработанном виде. Кнопки «Таблица», «График», «Гистограмма» – вызывают окно с представлением результатов в соответствующем виде.

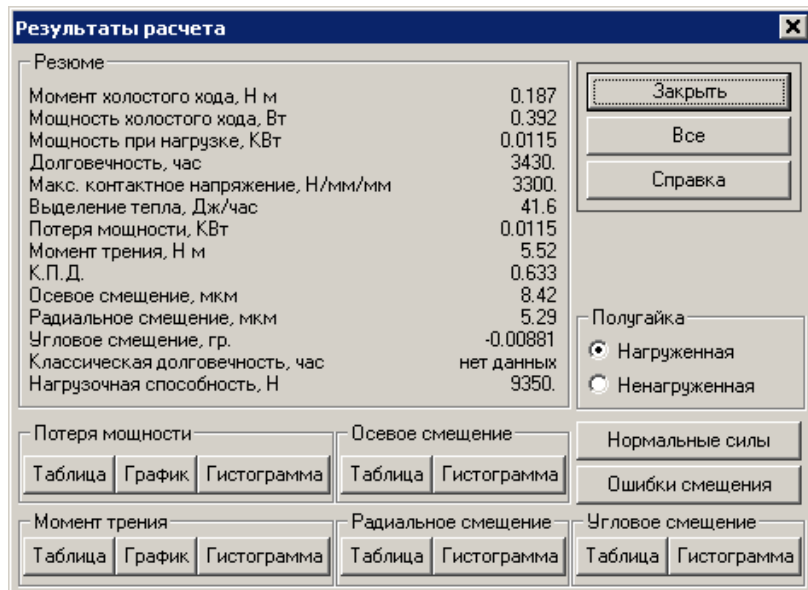


Рис. 3.8 Окно просмотра результатов расчета.

Печать исходных данных и результатов

Для печати исходных данных и результатов расчета или генерации текстового файла отчета используйте команду **Файл | Печать (Ctrl+P)**. В появившемся диалоговом окне (рис. 3.9) отметьте данные, которые вы хотите распечатать и нажмите кнопку «Печатать». Для ускоренного выбора всех данных или отмены выбора всех данных используйте соответствующие кнопки. Для генерации текстового файла отчета нажмите кнопку «RTF». В появившемся стандартном диалоговом окне выберете папку и введите имя файла отчета.

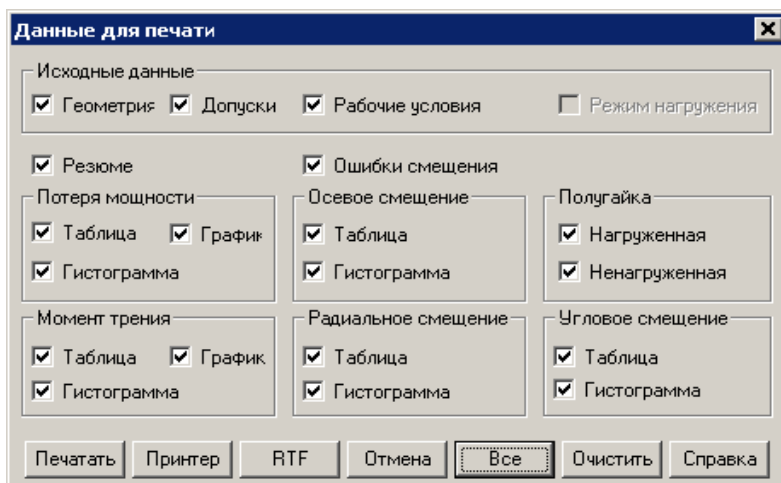


Рис. 3.9 Выбор данных для печати.

Сохранение исходных данных и результатов

Для сохранения параметров передачи и результатов расчетов служит команда **Файл | Сохранить (Ctrl+S)**. Существует ограничение на использование этой команды – Вы можете сохранять информацию только после определения исходных данных передачи. В противном случае данная команда. Для сохранения параметров передачи и результатов расчетов с обязательным запросом имени файла используйте команду **Файл | Сохранить как...**

Для открытия ранее сохраненного файла воспользуйтесь командой **Файл | Загрузить...** (Ctrl+O). В ответ на эту команду на экране появляется диалоговое окно выбора файла.

Выход

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