

Содержание

Введение	9
Глава 1	
Работа с системой Универсальный механизм Express	14
1.1. Основные понятия и определения	15
1.2. Добавление библиотеки (системы)	20
1.3. Подключение библиотеки	22
1.4. Основные этапы процесса моделирования механизмов	23
1.5. Пример моделирования маятника	25
1.5.1. Конвертация сборки в динамический объект	26
1.5.2. Исследование незатухающих колебаний маятника	28
1.5.3. Создание шарнира с помощью точек связи	32
1.5.4. Создание точек связи в системе Универсальный механизм	38
1.6. Моделирование равноускоренного колебания маятника	39
1.7. Определение упруго-диссипативного момента в шарнире	41
1.7.1. Определение коэффициента контактной жесткости	43
1.7.2. Выбор коэффициента контактной диссипации	44
1.8. Моделирование затухающих колебаний	46
1.9. Линейный анализ модели Маятник	52
1.10. Главное окно системы Универсальный механизм	64
1.10.1. Главное меню	64
1.10.2. Панели инструментов	67
1.10.3. Панель компонент UMLComponent	69

1.10.4. Окно Список элементов	70
1.10.5. Окно Инспектор	73
1.10.6. Анимационное окно	80
1.10.7. Окно Список идентификаторов	83
1.11. Клавиши быстрого доступа	86
1.12. Встроенные редакторы	88
1.12.1. Текстовый редактор	88
1.12.2. Калькулятор выражений	91
1.13. Настройка параметров отображения объекта	92
1.14. Графическое окно	100

Глава 2

Примеры моделирования в системе

Универсальный механизм Express 114

2.1. Моделирование работы узла Кулачок – Клапан	115
2.1.1. Подготовка элементов узла	115
2.1.2. Конвертация элементов узла	119
2.1.3. Доработка динамической модели	121
2.1.4. Создание модели пружины и ее добавление	132
2.1.5. Исследование динамики модели	137
2.2. Моделирование работы одноцилиндрового двигателя	147
2.2.1. Подготовка элементов узла	147
2.2.2. Конвертация элементов узла	149
2.2.3. Доработка динамической модели	152
2.2.4. Исследование динамики модели	161
2.3. Моделирование мотора на упругом основании	172
2.3.1. Подготовка сборки к конвертации	172
2.3.2. Конвертация элементов узла	174
2.3.3. Доработка динамической модели	175
2.3.4. Создание точек связи	178

2.3.5. Добавление линейных упруго-диссипативных элементов	184
2.3.6. Линейный анализ динамической модели	186
2.3.7. Подготовка к моделированию несбалансированного ротора	192
2.3.8. Моделирование вибрации несбалансированного ротора	196

Глава 3

Системы проектирования плоских и трехмерных тел вращения

201

3.1. Система проектирования плоских тел вращения – КОМПАС-SHAFT 2D	202
3.1.1. Подключение системы	202
3.1.2. Главное окно системы	203
3.1.3. Создание плоской модели	205
3.1.4. Создание твердотельной модели	223
3.1.5. Создание выносного вида	223
3.1.6. Установка подшипника	225
3.1.7. Создание таблицы параметров зубчатого колеса	229
3.1.8. Создание профиля зуба	231
3.2. Система расчета валов и подшипников КОМПАС-ShaftCalc	232
3.2.1. Подключение системы	234
3.2.2. Главное окно системы	234
3.2.3. Настройка параметров системы расчета валов	235
3.2.4. Расчет валов	239
3.2.5. Расчет подшипников	244
3.3. Система проектирования трехмерных тел вращения – КОМПАС-SHAFT 3D	250
3.3.1. Подключение системы	250
3.3.2. Создание трехмерной модели	251

Глава 4

Расчет пружин	264
4.1. Добавление системы КОМПАС-SPRING	265
4.2. Подключение системы	267
4.3. Расчет пружин растяжения	268
4.3.1. Проектный расчет пружин растяжения	268
4.3.2. Построение пружины растяжения	275
4.3.3. Проверочный расчет пружины растяжения	279
4.4. Расчет пружин сжатия	283
4.4.1. Проектный расчет пружин сжатия	283
4.4.2. Построение пружины сжатия	288
4.4.3. Проверочный расчет пружины сжатия	292
4.5. Расчет тарельчатых пружин	294
4.5.1. Проектный расчет тарельчатых пружин	294
4.5.2. Построение тарельчатых пружин	302
4.5.3. Проверочный расчет тарельчатой пружины	307
4.6. Расчет пружин конических и фасонных	309
4.6.1. Проектный расчет конических и фасонных пружин	309
4.6.2. Построение конических и фасонных пружин	314
4.6.3. Проверочный расчет конических или фасонных пружин	318
4.7. Расчет пружин кручения	320
4.7.1. Проектный расчет пружин кручения	320
4.7.2. Построение пружины кручения	326
4.7.3. Проверочный расчет пружины	333

Глава 5

Система расчета механических передач	335
5.1. Подключение системы КОМПАС-GEARS 2D	336
5.2. Расчет цилиндрических передач внешнего зацепления	337

5.2.1. Геометрический расчет	339
5.2.2. Расчет на прочность	343
5.2.3. Расчет на долговечность	347
5.3. Расчет конических передач с круговыми зубьями	352
5.3.1. Геометрический расчет	353
5.3.2. Расчет на прочность	359
5.3.3. Расчет на долговечность	361
5.4. Расчет червячных цилиндрических передач	365
5.4.1. Геометрический расчет	366
5.4.2. Расчет на прочность	370
5.4.3. Расчет на теплостойкость	373
5.5. Расчет роликовой цепной передачи	376
5.5.1. Геометрический расчет	378
5.5.2. Проектный расчет	380
5.5.3. Расчет на работоспособность	385
5.6. Расчет клиноременной передачи	389
5.6.1. Проектный расчет	390
5.7. Расчет зубчатоременной передачи	393
5.7.1. Проектный расчет	393
Предметный указатель	398

Введение

В книге описываются наиболее часто используемые системы (приложения) для моделирования, проектирования и расчета различных механических систем:

- **Универсальный механизм Express** для моделирования механических систем;
- **КОМПАС-SHAFT 2D** для проектирования двухмерных тел вращения;
- **КОМПАС-ShaftCalc** для расчета валов и подшипников, смоделированных в системе **КОМПАС-SHAFT 2D**;
- **КОМПАС-SHAFT 3D** для проектирования шлицевых, резьбовых и шпоночных участков на ступенях моделей. Могут быть созданы и другие конструктивные элементы модели – канавки, проточки, пазы и т. д.;
- **КОМПАС-SPRING** для проектирования и расчета различных пружин растяжения и сжатия;
- **КОМПАС-GEARS 2D** для расчета механических передач.

Система **Универсальный механизм Express** (UMExpress) предназначена для экспресс-анализа динамических, кинематических и статических систем, спроектированных в КОМПАС-3D V8+ и выше. Система ориентирована на инженеров, занимающихся проблемами анализа динамического поведения машин и механизмов, и является стандартным приложением для системы КОМПАС-3D. Механизмы описываются как системы твердых тел, шарниров и силовых элементов.

В процессе анализа поддерживается непосредственная анимация движения трехмерной модели в процессе расчета. Для анализа доступны практически все необходимые величины: координаты, скорости, ускорения, силы реакций в шарнирах, усилия в пружинах и т. д.

В систему включены следующие возможности:

- работа с линейными силовыми элементами или изменяющимися по гармоническому закону, которые выбираются из фиксированной базы моделей;
- для решения задач кинематики можно задавать равномерное, равноускоренное/равнозамедленное движение либо изменение по гармоническому закону;
- возможность решения контактных взаимодействий тел, задача решается с условием непересечения тел при кинематическом или динамическом движении.

В системе **Универсальный механизм Express** доступны:

- параметризация силовых элементов и кинематических соотношений;
- создание анимационных файлов по результатам моделирования движения, анимации сохраняются в видеоролике движения в формате avi;
- построение графиков любой динамической или кинематической характеристики;

- расчет положений равновесия и собственных частот модели в зависимости от параметров.

Обеспечено полное чтение моделей КОМПАС-3D. Визуализация работы и результатов библиотеки создается в отдельном окне, и пользователю предоставляется возможность получать визуальную информацию о движении объекта и о его динамических и кинематических характеристиках непосредственно в процессе моделирования.

Эта система позволяет создавать модели объектов, состоящих из неограниченного числа абсолютно твердых тел, на основе трехмерных моделей сборок, построенных в системе КОМПАС-3D.

Широкий перечень шарниров дает возможность создавать кинематические схемы механизмов практически любой сложности.

Доступны следующие типы шарниров (кинематических пар):

- поступательный;
- вращательный;
- карданов;
- сферический;
- шестью степеней свободы.

В системе **Универсальный механизм Express** предусмотрены следующие методы анализа динамических моделей.

1. Кинематический и динамический анализы механизмов путем интегрирования автоматически синтезируемых уравнений движения с расчетом всех основных кинематических и динамических характеристик:
 - координат, скоростей и ускорений центров масс тел;
 - шарнирных координат, скоростей и ускорений – угловых скоростей и ускорений тел;
 - сил реакций в шарнирах;
 - сил в активных силовых элементах (пружинах, гасителях и прочих);
 - сил и моментов сил инерции для всех тел.
2. Линейный анализ механизмов:
 - расчет положений равновесия, значений координат и сил реакций в зависимости от параметров силовых элементов;
 - расчет собственных частот и форм колебаний, корней характеристических уравнений и динамических форм;
 - определение степени демпфированности системы по динамическим формам;
 - определение устойчивости положений равновесия;
 - расчет корневых годографов (корней характеристических уравнений в зависимости от параметров), расчет собственных частот в зависимости от параметров.

В системе реализованы два режима работы: **Режим корректировки (Режим конструктора)** и **Режим моделирования**.

Режим корректировки, или **Режим конструктора**, предназначен для создания и корректировки динамической модели.

Режим моделирования предназначен для исследования созданной модели с использованием алгоритмов аналитического анализа динамических систем (модуль **Линейного анализа**) и численного моделирования динамики ССТ.

В функциональные возможности режима входят также средства отображения полученных результатов и процесса моделирования.

Система **КОМПАС-SHAFT 2D** предназначена для параметрического проектирования:

- валов и втулок;
- цилиндрических и конических шестерен;
- червячных колес и червяков;
- шкивов ременных передач;
- звездочек цепных передач.

Система **КОМПАС-ShaftCalc** предназначена для расчета валов и подшипников, смоделированных в КОМПАС-SHAFT 2D. КОМПАС-ShaftCalc является составной частью интегрированной системы проектирования тел вращения КОМПАС-SHAFT 2D.

С помощью системы **КОМПАС-ShaftCalc** можно:

- выполнять полный спектр прочностных расчетов вала, модель которого построена в КОМПАС-SHAFT 2D, и получать результаты расчета в виде графиков распределения:
 - радиальных сил в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
 - изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях (если опора одна, то данная опора считается абсолютно жесткой, то есть заделкой);
 - крутящих моментов;
 - нормальных напряжений (по IV теории прочности);
 - касательных напряжений при кручении;
 - относительного угла закручивания;
 - прогиба вала относительно опор в горизонтальной и вертикальной плоскостях (при наличии двух опор);
 - коэффициента запаса усталостной прочности;
- получать информацию о значении рассчитанной величины в указанной точке графика (осуществлять трассировку графика);
- формировать отчет о выполненных расчетах в формате FastReport или на листе (листах) чертежа КОМПАС-ГРАФИК;
- выполнять расчет подшипников на грузоподъемность и долговечность, на тепловыделение;
- получать результаты расчета подшипников в виде таблиц в формате FastReport;
- обращаться к модулю выбора материалов для назначения марки материала для рассчитываемого вала.

Система **КОМПАС-SPRING** предназначена для выполнения проектного и проверочного расчетов цилиндрических винтовых пружин сжатия и растяжения, тарельчатых, конических и фасонных пружин, а также для построения их чертежей (с созданием вида, диаграммы, технических требований, заполнением основной надписи) в среде системы КОМПАС-3D V6 и выше. В основу системы положены **ГОСТ 13764–86, ГОСТ 13765–86, ГОСТ 3057–90** и методики, разработанные в расчетно-вычислительном центре ОАО «Специальное конструкторское бюро машиностроения» (г. Курган).

Система расчета механических передач **КОМПАС-GEARS 2D** предназначена для выполнения геометрических и прочностных расчетов следующих типов передач:

- **Цилиндрическая передача внешнего зацепления;**
- **Цилиндрическая передача внутреннего зацепления;**
- **Коническая передача с круговыми зубьями;**
- **Коническая передача с прямыми зубьями;**
- **Червячная цилиндрическая передача;**
- **Роликовая цепная передача;**
- **Клиноременная передача;**
- **Зубчатременная передача.**

Рассматриваемые в книге системы входят в состав системы КОМПАС-3D V9 в качестве библиотек. Они быстро устанавливаются и отличаются высокой эффективностью и производительностью. Все рассматриваемые системы предъявляют минимальные требования к компьютеру.

Книга состоит из пяти глав.

Первая глава знакомит читателей с этапами процесса моделирования механизмов в системе **Универсальный механизм Express**. На примере моделирования простейшего механизма – маятника – подробно описываются все тонкости кинематического, динамического и линейного анализов механизма. Подробно описываются главное окно системы и всех его элементов, панели инструментов, панели компонентов, встроенные редакторы и другие элементы.

Вторая глава посвящена описанию процесса моделирования более сложных механизмов: кулачка-клапана, одноцилиндрового двигателя, мотора на упругом основании. Подробно описываются этап подготовки механизмов, конвертация элементов механизмов в систему **Универсальный механизм Express**, доработка динамической модели и исследование динамики модели.

В третьей главе излагаются системы проектирования:

- **КОМПАС-SHAFT 2D** для проектирования двухмерных тел вращения;
- **КОМПАС-ShaftCalc** для расчета валов и подшипников, смоделированных в системе **КОМПАС-SHAFT 2D**;
- **КОМПАС-SHAFT 3D** для проектирования шлицевых, резьбовых и шпоночных участков на ступенях моделей, а также других конструктивных элементов модели – канавок, проточек, пазов и т. д.

В четвертой главе подробно рассмотрена система **КОМПАС-SPRING** для проектирования и расчета различных пружин растяжения и сжатия.

В пятой главе описывается система проектирования **КОМПАС-GEARS 2D** для расчета механических передач.

Книга содержит большое количество иллюстраций при описании работы с каждой системой (библиотекой). Для облегчения использования материала в конце книги приведен подробный указатель.

Автор далек от мысли, что книга лишена недостатков, и с благодарностью примет все замечания и предложения по ее улучшению, которые просит направлять по адресу: dm@dmk-press.ru, kem1@mail.ru.