Кудрявцев Е. М.

Анализ динамических, кинематических и статических систем в КОМПАС-3D

ДМК Пресс
издательство
Москва, 2011

УДК 004.4
ББК 32.973.26-018.2
К88

Кудрявцев Е. М.
К88 Анализ динамических, кинематических и статических систем в КОМПАС-3D - М.: ДМК Пресс, 2011. 400 с., ил. (Серия «Проектирование»).
ISBN 978-5-94074-704-8

В книге подробно излагаются приложения для моделирования, проектирования и расчета механических систем в среде системы автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D:

– 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.

В издании также приводится описание структуры программы, главной и инструментальных панелей, встроенных команд и других элементов КОМПАС-3D, а также приведены многочисленные примеры работы в ней.

Книга предназначена для широкого круга пользователей: учащихся, студентов, инженеров, разработчиков автоматизированных систем конструирования и проектирования в самых разных областях деятельности.

УДК 004.4
ББК 32.973.26-018.2

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

© Кудрявцев Е. М., 2011
© Оформление ДМК Пресс, 2011

ISBN 978-5-94074-704-8

Краткое содержание

Введение 9

Глава 1
РАБОТА С СИСТЕМОЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ EXPRESS 14

Глава 2
ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ EXPRESS 114

Глава 3
СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛОСКИХ И ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ 201

Глава 4
РАСЧЕТ ПРУЖИН 264

Глава 5
СИСТЕМА РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ 335

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 UMComponent 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**.