

Содержание

Предисловие	16
Введение	18
Аудитория	19
Предназначение книги	19
Соглашения	20
Благодарности	21
Контактная информация	21
SolidWorks и COSMOSWorks – инструменты инженера	22
Комплектация	23
Системные требования	27
Установка	29
Метод конечных элементов	35
Первые результаты	37
Глава 1	
Основы COSMOSWorks	48
1.1. Интерфейс	50
1.1.1. Составные части	50
1.1.2. Менеджер проекта	50
1.1.3. Меню	53
1.1.4. Панели инструментов	53
1.2. Взаимодействие с SolidWorks	58
1.3. Решаемые задачи и виды анализа	62
1.3.1. Упражнения	62
1.3.2. Параметры	63
1.3.3. Сценарии проектирования	64
1.4. Материалы	66
1.5. Критерии прочности	71
1.5.1. Номенклатура	71
1.5.2. Критерий Мизеса	72
1.5.3. Критерий максимальных касательных напряжений	74

1.5.4. Критерий Мора-Кулона	74
1.5.5. Критерий максимальных нормальных напряжений	75
1.6. Системы координат и справочная геометрия	76
1.7. Единицы измерения	77
1.8. Дискретизация	78
1.8.1. Общие положения	78
1.8.2. Порядок элементов и точность расчета	81
1.8.3. Сетка твердотельная и сетка поверхностная	82
1.8.4. Параметры настройки	83
1.8.5. Что такое качественная сетка?	86
1.8.6. Локальное уплотнение сетки	91
1.8.7. Специальные приемы	94
1.9. Граничные условия	102
1.9.1. Общие положения	102
1.9.2. Кинематические граничные условия	105
1.9.3. Статические граничные условия	108
1.9.4. Рабочая нагрузка	113
1.9.5. Дистанционные нагрузки (граничные условия на удалении)	117
1.9.6. Массовые нагрузки	129
1.9.7. Симметрия	133
1.9.8. Задача теплопроводности	139
1.9.9. Характерные ошибки	139
1.10. Процедуры решения	140
1.11. Представление результатов	141
1.11.1. Параметры отображения	142
1.11.2. Сечения	148
1.11.3. Изоповерхности	151
1.11.4. Анимация	152
1.11.5. Численные значения	153
1.11.6. Значение в точке	157
1.11.7. Сохранение результатов в графических файлах	159
1.11.8. Протоколы сценариев проектирования	160
1.11.9. Отчеты	167

Глава 2

Пространственная модель	169
2.1. 3D-детали	170

2.1.1. Особенности моделирования	170
2.1.2. Точность и эффективность	176
2.2. 2D-детали	178
2.3. Исходные данные – обязательный набор	180
2.4. Характерные ошибки	181
2.5. Результаты и их интерпретация	182
2.5.1. Состав результатов	182
2.5.2. Напряжения в узлах и в элементах	183
2.5.3. Деформированная модель	185
2.5.4. Локальные системы координат для результатов	187
2.5.5. Главные напряжения	190
2.5.6. Сила реакции	191
2.5.7. Критерии прочности и запасы прочности	196
2.5.8. Ошибка вычисления напряжений	200
2.5.9. Адаптивные сетки в моделях на базе твердых тел	203

Глава 3

Поверхностная модель	205
3.1. Функциональные возможности	206
3.2. Особенности моделирования	208
3.2.1. Построение сетки	208
3.2.2. Граничные условия	218
3.2.3. Симметрия	221
3.3. Обязательный набор исходных данных	227
3.4. Параметры настройки	227
3.5. Характерные ошибки	229
3.6. Результаты и их интерпретация	229
3.7. Гибридные сетки – сопряжение элементов твердых тел и оболочек	238

Глава 4

Критические нагрузки и формы потери устойчивости	251
4.1. Функциональные возможности	252
4.2. Особенности моделирования	255
4.3. Обязательный набор исходных данных	259
4.4. Параметры настройки	260

4.5. Анализ	261
4.6. Точность	263
4.7. Характерные ошибки	265
4.8. Результаты и их интерпретация	266

Глава 5

Собственные частоты и формы колебаний	269
5.1. Функциональные возможности	270
5.2. Особенности моделирования	271
5.3. Обязательный набор исходных данных	273
5.4. Параметры настройки	273
5.5. Анализ	275
5.6. Точность	276
5.7. Характерные ошибки	276
5.8. Результаты и их интерпретация	276

Глава 6

Тепловой расчет	279
6.1. Функциональные возможности	280
6.2. Граничные условия	282
6.3. Особенности моделирования	289
6.3.1. Стационарный расчет	289
6.3.2. Нестационарный расчет	290
6.3.3. Реализация корректных граничных условий	292
6.3.4. Построение сетки	293
6.4. Обязательный набор исходных данных	294
6.5. Настройки	294
6.6. Анализ	296
6.7. Точность	296
6.8. Характерные ошибки	296
6.9. Результаты и их интерпретация	300
6.10. Задача термоупругости	301

Глава 7

Оптимизационная задача	309
7.1. Постановка задачи и основные алгоритмы	310
7.2. Обязательный набор исходных данных	317

7.3. Точность и сходимость	318
7.4. Параметры настройки	319
7.5. Особенности моделирования	321
7.6. Характерные ошибки	322
7.7. Результаты и их интерпретация	322

Глава 8

Сборки	329
8.1. Функциональные возможности	330
8.2. Обязательный набор исходных данных	332
8.3. Ограничения функциональности	333
8.4. Особенности моделирования	334
8.4.1. Адекватные модели. Общие рекомендации	335
8.4.2. Дискретизация сборок	335
8.5. Граничные условия	341
8.5.1. Общие положения	341
8.5.2. Взаимодействие деталей и контактные граничные условия	343
8.5.3. Задача собственных значений для механизмов	346
8.5.4. Оптимизация	349
8.6. Монолитные сборки	350
8.7. Контактная задача	351
8.7.1. Интерфейс	352
8.7.2. Общие положения	356
8.7.3. Базовые типы контакта и вопросы численной реализации	357
8.7.4. Перемещения малые и большие	368
8.7.5. Контакт с трением и без него	372
8.7.6. Горячая посадка	373
8.7.7. Контактная податливость	377
8.7.8. Кинематика	378
8.8. Тепловой расчет сборок	378
8.8.1. Функциональные возможности	378
8.8.2. Контактные граничные условия	379
8.8.3. Контактное тепловое сопротивление	384
8.8.4. Особенности моделирования излучения	389
8.9. Характерные ошибки	402

8.10. Результаты и их интерпретация	403
8.10.1. Интерференция деталей в деформированной сборке	403
8.10.2. Проблема осреднения напряжений на границе контакта	404
8.10.3. Контактные напряжения и точность расчета	406
8.10.4. Особенности применения функции Design Check	408
8.11. Методология расчета	410
8.12. Виртуальные объекты сборок	419
8.12.1. Соединитель Rigid	421
8.12.2. Соединитель Elastic Support	423
8.12.3. Условие контакта Virtual Wall	431
8.12.4. Соединитель Pin	434
8.12.5. Соединитель Bolt	445
8.12.6. Соединитель Spot Welds	463
8.12.7. Соединитель Spring	467
8.12.8. Соединитель Link	474
8.12.9. Выводы	477

Глава 9

Прикладные задачи	479
9.1. Разъемные соединения	480
9.2. Сварные соединения	485
9.3. Анизотропные конструкции	494
9.4. Сосуды давления и трубопроводы	503
9.5. Расчет дисков колес	507
9.6. Ферменные конструкции	517
9.7. Термоупругость теплообменника – решение в COSMOSWorks	523
9.8. Термоупругость отражателя – связь с COSMOSFloWorks	527
9.9. Действие ветровых нагрузок – связь с COSMOSFloWorks	559
9.10. Динамика механизмов и импорт данных	568

Глава 10

Специальные методы моделирования	601
10.1. Имитация падения	602

10.1.1. Функциональные возможности	602
10.1.2. Особенности моделирования	602
10.1.3. Обязательный набор исходных данных	606
10.1.4. Параметры настройки	607
10.1.5. Анализ	608
10.1.6. Точность	609
10.1.7. Характерные ошибки	609
10.1.8. Результаты и их интерпретация	610
10.1.9. Моделирование падения кружки	620
10.2. Расчет на усталость	625
10.2.1. Функциональные возможности	625
10.2.2. Особенности моделирования	626
10.2.3. Обязательный набор исходных данных	630
10.2.4. Параметры настройки	632
10.2.5. Анализ	634
10.2.6. Точность	638
10.2.7. Характерные ошибки	639
10.2.8. Результаты и их интерпретация	639
10.3. Консультант анализа	640
10.4. Библиотека анализов	643

Глава 11

Нелинейный анализ –

COSMOSWorks и COSMOSDesignSTAR..... 647

11.1. Функциональные возможности COSMOSDesignSTAR	648
11.2. Границы применимости линейной и нелинейной модели	648
11.3. Большие перемещения	650
11.3.1. Изгиб пластины	650
11.3.2. Витая пружина	659
11.4. Физическая нелинейность	661
11.5. Взаимодействие колеса с грунтом	667
11.5.1. Постановка задачи	667
11.5.2. Кинематические граничные условия	669
11.5.3. Адаптация геометрической модели	671
11.5.4. Параметры материалов	674
11.5.5. Нагрузки	675

11.5.6. Настройки вычислительного процесса	677
11.5.7. Сетка	678
11.5.8. Дополнительные настройки решателя	680
11.5.9. Результаты и их интерпретация	680
11.5.10. Выводы	688
11.6. Ограничения функциональности нелинейного расчета по сравнению с линейным	689
11.7. Дополнительные интерфейсные возможности COSMOSDesignSTAR	689

Глава 12

Рациональные модели SolidWorks	691
12.1. Общие рекомендации	692
12.2. Управление конфигурациями	692
12.3. Работа с листовым материалом	693
12.4. Преобразования «твердое тело → поверхность»	698
12.5. Геометрические поверхностные модели	699
12.6. Геометрические модели сборок и деталей из нескольких тел	701
12.6.1. Расчленение и слияние	702
12.6.2. Сопряжения	706
12.6.3. Контроль	706
12.7. Импортированная геометрия	707

Глава 13

Вокруг COSMOSWorks	711
13.1. Какой компьютер лучше?	712
13.2. Интерфейсы	717
13.2.1. Конечно-элементная информация	717
13.2.2. Геометрия	718
13.2.3. Граничные условия	719
13.3. Полезные программы и утилиты	719
13.3.1. Очистка модели	719
13.3.2. Диагностика геометрии	720
13.4. Библиотеки	720
13.5. COSMOSM	722
13.6. Продукты-аналоги	722

13.6.1. Функциональные возможности	722
13.6.2. ANSYS Workbench в конфигурациях DesignSpace и Professional	724
13.6.3. MSC.visualNastran Desktop 4D	726
13.6.4. CATIA V5 & Structural Analysis	727
13.6.5. Pro/ENGINEER & Pro/MECHANICA.....	728
13.7. Другие вычислительные модели	728
13.7.1. Кинематика и динамика – COSMOSMotion	729
13.7.3. Газодинамика и теплопередача – COSMOSFloWorks	730
13.7.4. Электромагнетизм – COSMOSEMS	733
13.7.2. Инструменты генерации и библиотеки стандартных объектов	733
13.8. Проблемы и перспективы	734
Заключение	736

Приложение I

Версия 2007 года	737
I.1. Изменения общей функциональности	737
I.1.1. Объекты справочной геометрии, созданные вне контекста сборки	737
I.1.2. Сообщения об ошибках при расчете	738
I.1.3. Иконки в меню	738
I.1.4. Поиск контактных пар с зазорами	738
I.1.5. Диалоговое окно Options	738
I.1.6. Подвижная легенда на диаграммах	738
I.1.7. Управляемая структура Менеджера программы	739
I.1.8. Предельные значения в библиотеке анализов	739
I.1.9. Чувствительные к щелчкам мыши символы на экране	739
I.1.10. Локализация настройки Ignore clearance	739
I.1.11. Выделение цветом обязательных свойств в диалоговом окне Material	739
I.2. Изменения функциональности для граничных условий	739
I.2.1. Соединитель Spring	739
I.2.2. Соединитель Bolt	740
I.2.3. Соединитель Bearing	741

I.2.4. Соединитель Spot Weld	743
I.2.5. Циклическая симметрия	743
I.3. Изменения в процедурах формирования и обработки сетки конечных элементов	750
I.3.1. Переносимые настройки сетки	750
I.3.2. h-адаптивность при расчете сборок	750
I.3.3. Оценка времени оставшегося до завершения построения сетки	750
I.3.4. Улучшения в построении сетки для оболочек	751
I.3.5. Визуализация параметров, связанных с качеством сетки	751
I.4. Изменения функциональности в зависимости от типа анализа	752
I.4.1. Следящие нагрузки в нелинейном анализе	752
I.4.2. Сила свободного тела	754
I.4.3. Удаленные массы для анализов: статического, резонансного, устойчивости	756
I.4.4. Рестарт для нелинейного анализа	758
I.4.5. Трение в нелинейном анализе	758
I.4.6. Соединители в нелинейном анализе	758
I.4.7. Исключение решателя FFE	758
I.4.8. Автоматический выбор решателя	758
I.4.9. Прогноз времени решения	758
I.4.10. Локальное влияние опции Ignore clearance for surface contact	759
I.4.11. Функциональности опции Use inplane effect	759
I.4.12. Учет больших перемещений в моделях с болтовыми соединениями	759
I.4.13. Пластическая модель с кинематическим упрочнением при имитации падения	759
I.4.14. Анализ сварных конструкций посредством балочных/стержневых моделей	759
I.5. Изменения в представлении результатов	768
I.5.1. Переключение между визуализацией результатов и геометрии	768
I.5.2. Отображение расстояния между двумя узлами	768
I.5.3. Автоматическое выделение предельных значений в результатах	768