

**Наталья Дударева
Сергей Загайко**

SolidWorks **2007**

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2007

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
Д81

Дударева, Н. Ю.
Д81 SolidWorks 2007 / Н. Ю. Дударева, С. А. Загайко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 1328 с.: ил. + Видеокурс (на CD-ROM) — (В подлиннике)
ISBN 978-5-9775-0048-7

Книга является универсальным справочным пособием по проектированию в программе трехмерного моделирования SolidWorks 2007. Подробно рассматриваются все основные принципы работы и функциональные возможности SolidWorks 2007 и приложений. Книга позволяет получить наиболее полную информацию обо всех этапах проектирования, начиная с построения эскиза и заканчивая созданием сложных сборок и чертежей. Описано, как проводить прочностные расчеты, создавать анимацию и фотореалистичные изображения. Компакт-диск содержит видеокурс по основам работы в SolidWorks 2007.

Для широкого круга пользователей

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Наталья Таркова</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Игорь Цырульников</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Смирновой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 04.05.07.

Формат 60×90^{1/8}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 166.

Тираж 2500 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 194354, Санкт-Петербург, ул. Есенина, 5Б.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.02.953.Д.006421.11.04 от 11.11.2004 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

Оглавление

Введение	1
Немного о SolidWorks	2
Требования к компьютеру	3
Глава 1. Основные принципы работы в SolidWorks 2007	5
1.1. Принципы создания деталей и сборок	5
1.1.1. Построение эскиза	5
1.1.2. Создание объемной модели	5
1.1.3. Создание сборок	6
1.1.4. Генерация чертежей	6
1.2. Основные понятия и структура ядра геометрического моделирования	7
1.2.1. Объекты ядра	7
1.2.2. Виртуальная сцена	8
1.2.3. Внешние библиотеки	8
1.2.4. Конфигурации	9
1.2.5. Визуализатор	9
1.2.6. Внешние интерфейсы и управление ядром	9
1.2.7. Способы создания параметризованной геометрической модели	10
1.2.8. Панель инструментов <i>SolidWorks Office</i>	12
1.3. Работа с файлами	13
1.3.1. Панель инструментов <i>Стандартная</i>	13
1.3.2. Создание нового документа	15
1.3.3. Шаблоны документов	16
1.3.4. Создание дополнительных вкладок для шаблонов	17
1.3.5. Параметры шаблонов по умолчанию	18
1.3.6. Открытие существующих документов	19
1.3.7. Конфигурирование документа	20
1.3.8. Открытие документов в окнах детали или сборки	21
1.3.9. Документы SolidWorks в <i>Проводнике Windows</i>	21
1.3.10. Перетаскивание файлов	22
1.3.11. Команды работы с буфером обмена <i>Windows</i>	23
1.3.12. Удалить	24
1.3.14. Отменить и повторить	24
1.3.15. Перестроить	25
1.3.16. Свойства	25
1.3.17. Сохранить	25
1.3.18. Закрыть	26
1.3.19. Печать	26
1.4. Осуществление выбора	27
1.4.1. Выделение	27
1.4.2. Выбор объектов	29
1.4.3. Выбор с помощью рамки	30
1.4.4. Поперечный выбор	30
1.4.5. Инвертировать выбор	31
1.4.6. Выбор петли	32
1.4.7. Выбрать цепочку	32
1.4.8. Выбрать другой	32
1.4.9. Инструментальная панель <i>Выбор элементов (Фильтр выбора)</i>	33
1.4.10. Выбор в Дереве конструирования	35
1.4.11. Выбор смежных элементов	35
1.4.12. Выбор через прозрачный элемент	35

1.5. Инструменты SolidWorks 2007	36
1.5.1. Панель инструментов <i>Инструменты</i>	36
1.5.2. Добавления	37
1.5.3. Помощник для копирования настроек	38
1.5.4. Сеть для производства.....	40
1.5.5. Интерфейс программирования приложений SolidWorks.....	40
1.5.6. Пакеты обновлений	40
1.5.7. Web-узел компании SolidWorks	41
1.5.8. Web-папки	41
1.5.9. Многопользовательская среда	42
1.5.10. Перезагрузка	42
1.5.11. Проверить файлы "только для чтения"	44
1.5.12. Помощник для преобразования объектов.....	44
1.6. Запись и выполнение макроса	46
1.6.1. Панель инструментов <i>Макрос</i>	46
1.6.2. Создать макрос	47
1.6.3. Запись макроса.....	47
1.6.4. Выполнить макрос	48
1.6.5. Редактировать макрос.....	48
1.6.6. Остановить запись макроса	48
1.6.7. Назначить макрос в меню или для горячей клавиши	48
1.6.8. Использование VBA.....	50
1.6.9. Файлы макроса.....	50
1.6.10. SolidWorks файл событий	51
1.7. Связь и внедрение объектов OLE	51
1.7.1. Объект OLE	51
1.7.2. Вставка данных SolidWorks в другие приложения	53
1.7.3. Свойства объекта OLE.....	53
1.8. Параметры SolidWorks 2007	54
1.8.1. Структура диалогового окна <i>Параметры</i>	54
1.8.2. Общие системные параметры	55
1.8.3. Чертежи	57
1.8.4. Тип изображения	59
1.8.5. Штриховка/заливка	61
1.8.6. Параметры системных цветов	62
1.8.7. Параметры эскиза.....	64
1.8.8. Параметры взаимосвязи/привязки.....	65
1.8.9. Параметры для отображения и выбора	67
1.8.10. Параметры скорости отображения.....	70
1.8.11. Параметры сборок.....	73
1.8.12. Внешние ссылки	74
1.8.13. Параметры шаблонов по умолчанию.....	76
1.8.14. Параметры местоположения файлов	77
1.8.15. Дерево конструирования (FeatureManager)	79
1.8.16. Параметры инкрементов счетчика	81
1.8.17. Параметры вращения вида.....	82
1.8.18. Параметры резервных копий	83
1.8.19. Параметры данных.....	85
1.8.20. Параметры проводника файлов.....	86
1.8.21. Поиск и параметры взаимодействия.....	87
1.8.22. Параметры оформления	89
1.8.23. Параметры размеров	92
1.8.24. Параметры заметок	95
1.8.25. Параметры позиций.....	96
1.8.26. Параметры стрелок	97
1.8.27. Параметры отображения виртуальной резкости.....	98
1.8.28. Параметры отображения примечаний	99
1.8.29. Параметры шрифта для примечаний.....	100

1.8.30. Параметры таблиц.....	101
1.8.31. Просмотр параметров меток.....	103
1.8.32. Параметры сетки и привязки.....	104
1.8.33. Единицы измерения.....	105
1.8.34. Параметры цветов документа.....	107
1.8.35. Параметры свойств материала.....	108
1.8.36. Параметры толщины линии.....	109
1.8.37. Стиль линии.....	111
1.8.38. Параметры качества изображения.....	112
1.8.39. Отображение плоскости.....	113
1.8.40. Параметры отображения для листового металла.....	114
1.8.41. Параметры маршрута.....	115
1.8.42. Параметры <i>DimXpert</i>	118
1.8.43. Панель инструментов <i>Solidworks в Интернете</i>	119
Глава 2. Интерфейс пользователя.....	121
2.1. Ключевые позиции пользовательского интерфейса SolidWorks 2007.....	121
2.1.1. Строка меню.....	122
2.1.2. Графическая область.....	122
2.1.3. Дерево конструирования (FeatureManager).....	122
2.1.4. Менеджер свойств (PropertyManager).....	123
2.1.5. Менеджер конфигурации (ConfigurationManager).....	124
2.1.6. Панели инструментов.....	124
2.1.7. Панель задач.....	124
2.1.8. Менеджер команд.....	125
2.1.9. Строка состояния.....	125
2.1.10. Панель дисплея.....	126
2.2. Графическая область.....	126
2.2.1. Шаблоны документов.....	128
2.2.2. Справочная система координат.....	133
2.2.3. Угол для выбора.....	133
2.2.4. Условные обозначения и маркеры.....	134
2.2.5. Предварительный просмотр построений.....	135
2.2.6. Параметры системных цветов.....	136
2.2.7. Разделение графической области и окна документов.....	137
2.3. Строка меню.....	143
2.3.1. Обзор меню SolidWorks.....	144
2.3.2. Горячие клавиши.....	166
2.3.3. Настройка меню.....	170
2.4. Панель дисплея.....	173
2.4.1. Общие сведения о панели дисплея.....	173
2.4.2. Изменение настроек отображения на панели дисплея.....	174
2.5. Панель задач.....	177
2.5.1. Настройка <i>Панели задач</i>	178
2.5.2. Ресурсы SolidWorks.....	180
2.5.3. Библиотека проектирования.....	182
2.5.4. Проводник файлов.....	185
2.5.5. Поиск.....	187
2.5.6. Отобразить палитру.....	188
2.5.7. Элементы PhotoWorks.....	189
2.6. Дерево конструирования.....	191
2.6.1. Описание <i>Дерева конструирования</i>	192
2.6.2. Отображение <i>Дерева конструирования</i>	196
2.6.3. Работа с <i>Деревом конструирования</i>	200
2.7. Менеджер свойств.....	211
2.8. Панели инструментов.....	212
2.8.1. Обзор панелей инструментов.....	212
2.8.2. Настройка панелей инструментов.....	222
2.9. Диспетчер команд.....	224

Глава 3. Отображение объектов	225
3.1. Панель инструментов <i>Вид</i>	225
3.2. Отображение объектов в SolidWorks.....	227
3.2.1. Каркасное представление.....	228
3.2.2. Невидимые линии отображаются.....	228
3.2.3. Удалить невидимые линии.....	228
3.2.4. Закрасить с кромками	229
3.2.5. Закрасить.....	229
3.2.6. Тени в режиме <i>Закрасить</i>	229
3.2.7. Перспектива.....	230
3.2.8. Разрез.....	230
3.2.9. Кривизна.....	233
3.2.10. Полосы	235
3.2.11. Графика RealView.....	239
3.2.12. Настройка параметров отображения.....	239
3.3. Виды модели	245
3.3.1. Ориентация.....	245
3.3.2. Увеличить элемент вида	247
3.3.3. Увеличить/уменьшить вид	247
3.3.4. Увеличить выбранный элемент	247
3.3.5. Вращать вид.....	249
3.3.6. Перемещать	250
3.3.7. Трехмерный чертежный вид	250
3.3.8. Функции колеса и средней кнопки мыши	252
3.3.9. Панель инструментов <i>Стандартные виды</i>	253
3.4. Оптические свойства моделей.....	255
3.4.1. Цвет модели.....	255
3.4.2. Оптические свойства модели	259
3.5. Освещение моделей.....	260
3.5.1. Типы источников света	260
3.5.2. Настройка параметров освещения	260
3.6. Просмотр объектов при помощи камеры	268
3.6.1. Добавление камеры в документ SolidWorks.....	268
3.6.2. Тип камеры.....	270
3.6.3. Базовая точка.....	270
3.6.4. Расположение камеры	270
3.6.5. Поворот камеры.....	273
3.6.6. Поле вида.....	274
3.6.7. Глубина резкости	274
3.7. Отображение примечаний	276
3.7.1. Типы примечаний.....	276
3.7.2. Вставка примечаний в документ детали и сборки	276
3.7.3. Отображение примечаний в деталях и сборках.....	277
3.7.4. Свойства примечаний.....	279
3.7.5. Параметры шрифта для примечаний.....	281
3.8. Надписи на трехмерных объектах.....	282
3.8.1. Добавление надписей	282
3.8.2. Свойства надписей.....	285
3.9. Качество изображения	290
3.9.1. Параметры качества изображения	291
3.9.2. Параметры скорости изображения	293
Глава 4. Эскизы	297
4.1. Основы построения эскизов.....	297
4.1.1. Инструментальные панели <i>Эскиз</i> и <i>Разнести эскиз</i>	297
4.1.2. Введение в эскиз.....	300
4.1.3. Настройки для эскиза	302

4.1.4. Простой и сложный эскизы	302
4.1.5. Как начать создание эскиза.....	303
4.1.6. Работа в эскизе.....	303
4.1.7. Элементы формирования.....	304
4.1.8. Режимы эскиза.....	304
4.1.9. Автопереход	305
4.1.10. Выход из эскиза	305
4.2. Объекты и инструменты эскиза.....	305
4.2.1. Линии	306
4.2.2. Прямоугольники	309
4.2.3. Параллелограммы	310
4.2.4. Многоугольники	310
4.2.5. Окружности	312
4.2.6. Дуги	314
4.2.7. Эллипсы	317
4.2.8. Неполные эллипсы	318
4.2.9. Параболы	319
4.2.10. Точки	321
4.2.11. Текст	322
4.2.12. Выбрать шрифт.....	324
4.2.13. Скругления эскиза	325
4.2.14. Фаски эскиза	326
4.2.15. Смещение объектов	327
4.2.16. Преобразование объектов	329
4.2.17. Кривые пересечения.....	329
4.2.18. Кривые грани	330
4.2.19. Отсечь объекты.....	332
4.2.20. Удлинить объекты	335
4.2.21. Разбить объекты	335
4.2.22. Линия изгиба	335
4.2.23. Осевые линии	336
4.2.24. Вспомогательная геометрия.....	336
4.2.25. Зеркальное отражение объектов эскиза	336
4.2.26. Динамическое зеркальное отражение объектов эскиза	337
4.2.27. Переместить, Повернуть, Масштаб или Копировать.....	338
4.2.28. Изменить эскиз	339
4.2.29. Эскиз на грани детали	341
4.2.30. Закрыть эскиз.....	342
4.2.31. Создать рисунок.....	342
4.2.32. Переместить без решения	345
4.2.33. Виртуальная резкость	345
4.2.34. Создание пути.....	345
4.3. Параметры эскиза.....	348
4.3.1. Выровнять масштабную сетку	348
4.3.2. Редактировать эскиз	348
4.3.3. Вырезание, копирование и вставка в эскизах	348
4.3.4. Проверить употребление элемента в эскизе.....	349
4.3.5. Справочная плоскость, перпендикулярная кромке	350
4.3.6. Производный эскиз	351
4.3.7. Силуэты.....	351
4.3.8. Автоматические вычисления	352
4.3.9. Отвязать сегмент при перетаскивании	352
4.4. Размеры и взаимосвязи	352
4.4.1. Панель инструментов <i>Размеры/взаимосвязи</i>	352
4.4.2. Размеры	354
4.4.3. Справочные размеры	355
4.4.4. Нанесение размеров в двумерном эскизе	355
4.4.5. Полностью определенный эскиз.....	357

4.4.6. Размеры на дугах и окружностях	359
4.4.7. Обзор взаимосвязей эскиза.....	360
4.4.8. Взаимосвязи эскиза	361
4.4.9. Условные обозначения взаимосвязей эскиза.....	363
4.4.10. Геометрические взаимосвязи	363
4.4.11. Автоматические взаимосвязи	364
4.4.12. Добавить взаимосвязи.....	364
4.4.13. Решить конфликты эскиза.....	365
4.4.14. Состояние геометрии эскиза	366
4.4.15. Условные обозначения состояния эскиза	367
4.4.16. Отобразить/удалить взаимосвязи	368
4.4.17. Корректировка размеров при перетаскивании/перемещении	370
4.4.18. Найти равные	371
4.4.19. Панель инструментов <i>Быстрые привязки</i>	371
4.4.20. Быстрые привязки.....	372
4.5. Массивы эскизов	373
4.5.1. Линейные массивы	373
4.5.2. Круговые массивы	375
4.6. Блоки.....	376
4.6.1. Панель инструментов <i>Блоки</i>	377
4.6.2. Свойства блока.....	377
4.6.3. Создать блок.....	379
4.6.4. Вставить блок	380
4.6.5. Добавить/удалить объекты блока.....	382
4.6.6. Редактировать блок.....	382
4.6.7. Перестроить блок.....	383
4.6.8. Разнести блок	383
4.6.9. Ремень/Цепочка.....	383
4.7. Сплаины.....	385
4.7.1. Инструментальная панель <i>Инструменты сплайна</i>	385
4.7.2. Создание сплайна	386
4.7.3. Окно <i>Сплайн</i> в Менеджере свойств	387
4.7.4. Редактирование сплайнов	389
4.7.5. Добавление в сплайны.....	390
4.7.6. Разместить сплайн	391
4.7.7. Упрощенное изображение сплайна.....	392
4.7.8. Вставить точку сплайна.....	393
4.7.9. Обозначения кривизны	393
4.7.10. Управляющие многоугольники	394
4.7.11. Нанесение размеров на маркеры сплайна.....	395
4.7.12. Сплайн на поверхности	396
4.7.13. Отображение точек изгиба.....	396
4.7.14. Отображение минимального радиуса.....	397
4.8. Трехмерные эскизы	397
4.8.1. Инструменты для трехмерных эскизов	397
4.8.2. Окно <i>Трехмерный эскиз</i>	399
4.8.3. Маркер координат	400
4.8.4. Окно <i>Плоскость трехмерного эскиза</i>	400
4.8.5. Трехмерные линии	401
4.8.6. Трехмерные точки.....	402
4.8.7. Трехмерные сплайны.....	403
4.8.8. Система координат в трехмерном эскизе.....	406
4.8.9. Взаимосвязи эскиза в трехмерных эскизах.....	406
4.8.10. Нанесение размеров в трехмерном эскизе.....	407
4.8.11. Привязка линии	408
4.8.12. Виртуальные резкости в трехмерных эскизах.....	408
4.8.13. Эскиз с линиями разнесения.....	408

4.9. Преобразование 2D в 3D	409
4.9.1. Панель инструментов 2D в 3D.....	410
4.9.2. Импортирование чертежей в документы деталей	411
4.9.3. Извлечение эскизов.....	411
4.9.4. Выравнивание эскизов	411
4.9.5. Вытяжки в преобразовании 2D в 3D.....	412
4.9.6. Выполнение выреза с помощью 2D в 3D	412
4.9.7. Выбрать цепочку	413
4.9.8. Исправить эскиз.....	413
4.9.9. Создать новый эскиз	413
4.9.10. Дополнительные инструменты трехмерного рисования.....	414
4.10. Инструмент <i>SketchXpert</i>	414
4.10.1. Диагностика	414
4.10.2. Исправление вручную.....	416
Глава 5. Создание трехмерных объектов	419
5.1. Основные принципы построения трехмерных объектов в SolidWorks.....	419
5.1.1. Принципы построения твердотельных элементов	419
5.1.2. Оформление вырезов и отверстий	420
5.1.3. Дополнительные возможности.....	420
5.2. Призматические объекты.....	421
5.2.1. Вытянутые призматические элементы.....	422
5.2.2. Вытянутые вырезы	428
5.3. Тела вращения.....	433
5.3.1. Твердотельные элементы, построенные методом вращения	433
5.3.2. Вырезы, построенные методом вращения	436
5.4. Объекты "по траектории".....	437
5.4.1. Построение эскизов профиля и траектории.....	437
5.4.2. Построение простых элементов "по траектории".....	437
5.4.3. Построение элементов "по траектории" с использованием направляющих кривых.....	441
5.5. Объекты по "сечениям"	443
5.5.1. Основные принципы построения элементов "по сечениям"	443
5.5.2. Построение элементов "по сечениям"	444
5.5.3. Вырез "по сечениям".....	452
5.6. Дополнительные элементы	453
5.6.1. Фаска.....	453
5.6.2. Скругление.....	456
5.6.3. Уклон.....	463
5.6.4. Купол.....	466
5.6.5. Ребро	469
5.6.6. Отступ.....	471
5.6.7. Придание толщины поверхности и вырез поверхностью	474
5.6.8. Перенос	477
5.7. Массивы и зеркальное отражение	478
5.7.1. Массивы	479
5.7.2. Зеркальное отражение	494
5.8. Оболочки	495
5.8.1. Создания оболочки однородной толщины	495
5.8.2. Оболочка с гранями разной толщины.....	496
5.8.3. Диагностика оболочки	497
5.9. Деформация элементов	497
5.9.1. Свободная форма.....	498
5.9.2. Деформация.....	502
5.9.3. Изгиб	509
5.9.4. Элемент-контур.....	513
5.9.5. Масштаб	514
5.9.6. Перемещение граней	515

5.10. Отверстия.....	517
5.10.1. Простое отверстие.....	517
5.10.2. Отверстия под крепеж.....	519
5.10.3. Группа отверстий.....	524
5.11. Крепеж.....	527
5.11.1. Монтажная бобышка.....	527
5.11.2. Карабин с фиксатором.....	530
5.11.3. Канавка для карабина с фиксатором.....	532
5.11.4. Входное отверстие.....	534
5.12. Инструменты для элементов.....	536
5.12.1. Анализ элементов.....	536
5.12.2. Управление элементами.....	537
5.13. Инструменты <i>Xpert</i> для элементов, скруглений и уклонов.....	539
5.13.2. Инструмент <i>FilletXpert</i>	539
5.13.2. Инструмент <i>DraftXpert</i>	541
5.13.3. Инструмент <i>FeatureXpert</i>	543
Глава 6. Вспомогательная геометрия.....	545
6.1. Панель инструментов <i>Справочная геометрия</i>	545
6.1.1. Плоскости.....	545
6.1.2. Оси.....	550
6.1.3. Точка.....	551
6.1.4. Система координат.....	553
6.2. Кривые.....	553
6.2.1. Спроецировать кривую.....	554
6.2.2. Объединенная кривая.....	556
6.2.3. Кривая через точки XYZ.....	557
6.2.4. Кривая через справочные точки.....	558
6.2.5. Геликоид и спираль.....	558
6.2.6. Линия разъема.....	561
6.3. Поверхности.....	564
6.3.1. Построение поверхностей.....	564
6.3.2. Преобразование поверхностей.....	578
Глава 7. Детали.....	589
7.1. Детали и их структура.....	589
7.1.1. Структура детали.....	589
7.1.2. Панель инструментов <i>Элементы</i>	590
7.1.3. Свойства элементов, граней, кромок и тел.....	592
7.2. Управление внешним видом детали.....	595
7.2.1. Цвет детали.....	595
7.2.2. Применение, создание и редактирование материала детали.....	597
7.2.3. Текстура.....	603
7.3. Редактирование деталей.....	606
7.3.1. Редактирование эскизов.....	606
7.3.2. Редактирование определений элементов.....	607
7.3.3. Динамическое редактирование элементов.....	608
7.3.4. Копирование элементов.....	609
7.3.5. Родительско-дочерние взаимосвязи.....	610
7.4. Многоотельные детали.....	610
7.4.1. Создание многоотельных деталей.....	611
7.4.2. Управление многоотельными деталями.....	619
7.5. Производные детали.....	626
7.5.1. Зеркальные детали.....	627
7.5.2. Детали производного компонента.....	628
7.6. Управление деталями.....	629
7.6.1. Использование уравнений в деталях.....	629
7.6.2. Измерение размеров и расстояний.....	636

7.6.3. Статистика элементов.....	638
7.6.4. Проверка геометрии детали	639
7.7. Отображение сведений о деталях.....	640
7.7.1. Панель дисплея.....	640
7.7.2. Суммарная информация.....	640
7.7.3. Массовые характеристики	642
7.7.4. Кривизна.....	645
7.7.5. Полосы	645
Глава 8. Детали из листового металла	647
8.1. Основные принципы построения деталей из листового металла	647
8.1.1. Конструирование деталей непосредственно из листового металла	647
8.1.2. Конструирование детали из твердого тела и преобразование ее в деталь из листового металла.....	649
8.2. Панель инструментов <i>Листовой металл</i>	650
8.2.1. Сгибы	651
8.2.2. Базовая кромка/выступ	654
8.2.3. Ребро-кромка.....	657
8.2.4. Угол	659
8.2.5. Каемка.....	660
8.2.6. Кромка под углом	662
8.2.7. Изгиб	665
8.2.8. Затупленный угол/Обработка углов.....	667
8.2.9. Отсечь угол	668
8.2.10. Разрыв	671
8.2.11. Элемент по сечениям сгиба	672
8.2.12. Инструмент формы	673
8.2.13. Нарисованный сгиб	676
8.2.14. Разогнуть	677
8.2.15. Согнуть	678
8.2.16. Без сгибов	678
8.2.17. Плоский	679
8.3. Создание деталей непосредственно из листового металла	679
8.3.1. Создание деталей из плоского состояния на основе развертки	679
8.3.2. Проектирование деталей из листового металла в согнутом состоянии.....	682
8.4. Конструирование детали из твердого тела и преобразование ее в деталь из листового металла.....	683
Глава 9. Сварные детали	687
9.1. Основные принципы создания сварных конструкций	687
9.1.1. Панель инструментов <i>Сварная деталь</i>	687
9.1.2. Элемент сварной детали	688
9.1.3. Конфигурации по умолчанию	688
9.1.4. Элементы конструкции	689
9.1.5. Точки пронзания.....	691
9.2. Создание профилей.....	692
9.2.1. Расположение файлов собственных профилей	692
9.2.2. Создание собственных профилей	693
9.2.3. Отсечение и удлинение	694
9.2.4. Добавление угловых соединений	696
9.2.5. Скругленные сварные швы.....	698
9.3. Элементы сварных конструкций.....	700
9.3.1. Свойства пользователя в сварных деталях	700
9.3.2. Торцевые пробки	702
9.3.3. Списки вырезов сварного изделия.....	703
9.3.4. Чертежи сварных деталей.....	706
Глава 10. Библиотечные элементы.....	707
10.1. Понятие библиотечного элемента	707
10.1.1. Основные возможности.....	707

10.1.2. Создание библиотечного элемента	708
10.1.3. Добавление библиотечного элемента в деталь.....	710
10.1.4. Окно <i>Библиотечные элементы</i> Менеджера свойств.....	712
10.1.5. Добавление детали в сборку	714
10.1.6. Добавление элемента в <i>Библиотеку проектирования</i>	714
10.2. Редактирование библиотечных элементов.....	715
10.2.1. Добавление цвета в библиотечный элемент.....	716
10.2.2. Разбиение библиотечного элемента.....	717
10.2.3. Использование ссылок и размеров.....	717
10.2.4. Предварительный просмотр библиотечного элемента.....	719
10.2.5. Вставка библиотечного элемента на плоскость.....	719
Глава 11. Сборки	721
11.1. Основные принципы создания сборок	721
11.1.1. Панель инструментов <i>Сборка</i>	722
11.1.2. Построение сборки "снизу-вверх".....	724
11.1.3. Построение сборки "сверху-вниз".....	726
11.2. Расположение компонентов в сборке	727
11.2.1. Размещение компонентов в сборке	728
11.2.2. Ориентация компонентов в сборке.....	732
11.3. Сопряжения в сборке	736
11.3.1. Создание сопряжений	736
11.3.2. Автосопряжения	740
11.3.3. Редактирование сопряжений	741
11.3.4. Удаление сопряжений.....	742
11.3.5. Ошибки сопряжений	742
11.4. Детали в сборке.....	745
11.4.1. Редактирование деталей в контексте сборки	745
11.4.2. Создание новых деталей в контексте сборки	746
11.4.3. Массивы компонентов	746
11.4.4. Зеркальное отражение компонентов сборки	752
11.4.5. Объединение деталей в сборках	755
11.4.6. Переупорядочение и откат в сборках	757
11.5. Узлы в сборке.....	757
11.5.1. Создание узла сборки	757
11.5.2. Редактирование узла сборки.....	763
11.5.3. Свободные узлы сборки	764
11.6. Упрощение сборок.....	765
11.6.1. Переключение видимости компонентов сборки	765
11.6.2. Изменение состояния погашения	765
11.6.3. Режим большой сборки.....	769
11.7. Отображение сборок.....	771
11.7.1. Скрытие и отображение компонентов.....	771
11.7.2. Настройка цвета и внешнего вида	772
11.7.3. Вид сборки с разнесенными частями	776
11.8. Интерференция и конфликты между компонентами сборки.....	781
11.8.1. Проверка интерференции в сборке.....	781
11.8.2. Обнаружение конфликтов между компонентами сборки при их перемещении и вращении	783
11.9. Автокомпоненты	786
11.9.1. Создание автокомпонентов.....	787
11.9.2. Проверка определения автокомпонентов.....	789
11.9.3. Вставка автокомпонентов в сборки	790
11.9.4. Редактирование определения автокомпонентов	791
11.10. Автокрепёжи.....	792
11.10.1. Добавление автокрепёжей в сборку	793
11.10.2. Редактирование автокрепёжей.....	794
11.10.3. Добавление крепёжных деталей	796
11.10.4. Настройка параметров автокрепёжей	797

11.11. Физическое моделирование	798
11.11.1. Линейный двигатель	799
11.11.2. Вращающийся двигатель	800
11.11.3. Спиральная пружина	800
11.11.4. Притяжение	801
11.11.5. Запись и воспроизведение моделирования	802
11.12. Дополнительные возможности при создании сборок	803
11.12.1. Замена компонентов в сборке	803
11.12.2. Замена сопряженных объектов в сборке	805
11.12.3. Ремень/цепочка	805
Глава 12. Литейные формы	809
12.1. Основные принципы создания литейных форм	809
12.1.1. Понятие проектирования литейной формы	809
12.1.2. Обзор инструментов проектирования литейных форм	810
12.1.3. Панель инструментов <i>Инструменты для литейной формы</i>	815
12.1.4. Папки литейной формы	817
12.2. Работа с инструментами литейной формы	817
12.2.1. Определение выточки	817
12.2.2. Линии разъема	819
12.2.3. Отсекающие поверхности	821
12.2.4. Инструменты выбора кромок	822
12.2.5. Типы заполнения отсекающей поверхности	823
12.2.6. Создание отсекающих поверхностей вручную	824
12.2.7. Поверхности разъема	824
12.2.8. Линейчатые поверхности	827
12.2.9. Разделение инструментов	828
12.2.10. Извлечение сердцевины	829
12.2.11. Вставка полости	830
12.2.12. Анализ уклона	832
12.2.13. Коэффициент масштаба и уклон в проектировании литейной формы	835
Глава 13. Конфигурации	837
13.1. Менеджер конфигураций	837
13.1.1. Основные принципы работы с Менеджером конфигураций	837
13.1.2. Порядок создания конфигураций	840
13.2. Конфигурации, созданные вручную	840
13.2.1. Создание конфигурации детали вручную	840
13.2.2. Производные конфигурации	842
13.2.3. Редактирование конфигураций	843
13.2.4. Работа с конфигурациями в сборке	845
13.3. Конфигурации, созданные с помощью таблицы параметров	848
13.3.1. Создание таблицы параметров	848
13.3.2. Редактирование конфигураций в таблице параметров	852
13.3.3. Таблицы параметров в чертежах	853
13.4. Параметры конфигурации	855
13.4.1. Параметры конфигурации	855
13.4.2. Параметры спецификации	862
13.4.3. Дополнительные параметры	862
Глава 14. Создание чертежей	865
14.1. Основные приемы создания чертежей	865
14.1.1. Панель инструментов <i>Чертеж</i>	865
14.1.2. Настройка параметров документов чертежа	866
14.1.3. Создание чертежа	867
14.1.4. Основная надпись/Размер	869
14.1.5. Окно чертежа	869

14.1.6. Основные надписи, листы и виды	870
14.1.7. Настройка основных надписей.....	870
14.1.8. Точки привязки таблицы	872
14.1.9. Сохранение основных надписей	873
14.1.10. Свойства листа.....	873
14.1.11. Несколько листов чертежа	875
14.1.12. Связывание заметок со свойствами документа	875
14.1.13. Связать со свойством.....	876
14.1.14. Виды деталей и сборок.....	877
14.1.15. Границы вида.....	878
14.1.16. Масштабирование в чертежах.....	878
14.1.17. Двумерное рисование в чертежах	879
14.1.18. Сохранение чертежа.....	880
14.2. Типы документов чертежей	880
14.2.1. Документы чертежей.....	880
14.2.2. Отсоединенные чертежи.....	881
14.2.3. Работа с отсоединенными чертежами.....	882
14.2.4. Сокращенные чертежи	883
14.2.5. Качество в чертежах.....	884
14.3. Стандартные чертежные виды.....	884
14.3.1. 3 стандартных вида	884
14.3.2. Вид модели.....	886
14.3.3. Вид по модели (Относительный вид)	887
14.3.4. Режимы отображения чертежного вида.....	890
14.3.5. Предварительно определенные виды.....	891
14.3.6. Пустые виды	894
14.3.7. Обновление чертежного вида	895
14.4. Производные чертежные виды.....	895
14.4.1. Проекционный вид.....	896
14.4.2. Вспомогательный вид.....	898
14.4.3. Местный вид.....	900
14.4.4. Обрезанный вид	901
14.4.5. Вырыв детали.....	902
14.4.6. Индикатор сечения в окне <i>Разрез</i>	904
14.4.7. Разъединенный вид.....	905
14.4.8. Разрезы в чертежах	907
14.4.9. Выбрать шрифт.....	911
14.4.10. Выровненный разрез.....	911
14.4.11. Наложенный вид.....	913
14.4.12. Схематическое положение	914
14.5. Управление видами.....	915
14.5.1. Свойства чертежного вида	915
14.5.2. Обновление видов	916
14.5.3. Перемещение чертежей	917
14.5.4. Перемещение чертежных видов	917
14.5.5. Выравнивание видов.....	918
14.5.6. Режим трехмерного чертежного вида	918
14.5.7. Вращение видов	919
14.5.8. Копирование и вставка видов.....	920
14.5.9. Удаление видов.....	921
14.6. Скрытие и отображение элементов	921
14.6.1. Панель инструментов <i>Формат линии</i>	921
14.6.2. Скрытие и отображение видов	922
14.6.3. Скрытие и отображение кромок	922
14.6.4. Скрытие и отображение эскизов.....	923
14.6.5. Отобразить скрытые кромки	923
14.6.6. Скрыть/Отобразить компоненты	924
14.6.7. Скрыть за плоскостью	924

14.6.8. Формат линии.....	925
14.6.9. Толщина линии компонента.....	926
14.6.10. Отображение кромок в чертежах.....	926
14.6.11. Отображение линий перехода.....	927
14.6.12. Панель инструментов <i>Слой</i>	927
14.6.13. Слои.....	928
14.7. Инструменты чертежа.....	929
14.7.1. Сравнение чертежей.....	929
14.7.2. Статистика чертежа.....	930
14.7.3. Распечатка чертежей.....	931
14.7.4. Отправить сообщение.....	933
Глава 15. Оформление чертежей.....	935
15.1. Параметры оформления.....	935
15.1.1. Настройка параметров оформления.....	935
15.1.2. Трехмерные примечания.....	936
15.1.3. Создание видов примечаний.....	937
15.1.4. Перемещение в вид примечания.....	938
15.1.5. Отображение видов примечаний.....	939
15.1.6. Вставка элементов модели.....	939
15.1.7. Часто используемые.....	942
15.2. Размеры на чертежах.....	944
15.2.1. Окно <i>Размер</i> Менеджера свойств.....	945
15.2.2. Свойства размера.....	949
15.2.3. Тип размера.....	954
15.2.4. Настройка параметров размеров.....	954
15.2.5. Точность размера.....	955
15.2.6. Отобразить размер.....	956
15.2.7. Изменить текст размера.....	957
15.2.8. Автонанесение размеров в чертеже.....	958
15.2.9. Параллельные размеры.....	960
15.2.10. Справочные размеры.....	961
15.2.11. Размеры базовой линии.....	962
15.2.12. Горизонтальный размер.....	962
15.2.13. Вертикальный размер.....	963
15.2.14. Горизонтальные ординатные размеры.....	964
15.2.15. Вертикальные ординатные размеры.....	964
15.2.16. Ординатные размеры.....	965
15.2.17. Размеры фаски.....	967
15.2.18. Выноски/текст для размеров.....	968
15.2.19. Допуск размера.....	969
15.2.20. Посадка с допусками.....	971
15.2.21. Перемещение и копирование размеров.....	972
15.2.22. Изменение размеров.....	972
15.2.23. Выравнивание размеров.....	973
15.2.24. Выровнять по параллели/концентрично.....	974
15.2.25. Расставить размеры коллинеарно/радиально.....	975
15.2.26. Размер линий удлинения.....	975
15.2.27. Отобразить/Скрыть размер или примечание.....	976
15.2.28. Инструмент <i>DimXpert</i>	977
15.3. Примечания.....	978
15.3.1. Панель инструментов <i>Примечание</i>	979
15.3.2. Панель инструментов <i>Выровнять</i>	980
15.3.3. Панель инструментов <i>Форматирование</i>	981
15.3.4. Параметры примечаний.....	982
15.3.5. Несколько примечаний.....	983
15.3.6. Группировка примечаний.....	984
15.3.7. Вставка трехмерных примечаний.....	985

15.3.8. Проверка орфографии	985
15.3.9. Выноски с изогнутыми указателями.....	988
15.3.10. Заметки	989
15.3.11. Группа заметок	997
15.3.12. Маркеры и нумерация	998
15.3.13. Гиперссылки в заметках.....	999
15.3.14. Позиции	1000
15.3.15. Группа позиций	1002
15.3.16. Автопозиции	1004
15.3.17. Указатели центра	1006
15.3.18. Примечания осевых линий	1010
15.3.19. Обозначение отверстия.....	1011
15.3.20. Переменные для условного обозначения отверстия	1012
15.3.21. Условные изображения резьбы.....	1012
15.3.22. Обозначения шероховатости поверхности	1015
15.3.23. Обозначения базовой поверхности	1018
15.3.24. Места, определяющие базу	1020
15.3.25. Обозначение отклонения формы	1021
15.3.26. Обозначения штифта	1025
15.3.27. Обозначение сварного шва	1026
15.3.28. Штриховка/заливка.....	1029
15.3.29. Блоки в чертежах.....	1031
15.3.30. Гусеничные	1038
15.3.31. Обработка торцов	1040
15.4. Таблицы	1041
15.4.1. Панель инструментов <i>Таблица</i>	1042
15.4.2. Таблицы с примечаниями	1043
15.4.3. Спецификация.....	1043
15.4.4. Общие таблицы	1047
15.4.5. Шаблоны таблиц	1055
15.4.6. Уравнения в таблицах.....	1055
15.4.7. Таблицы отверстий	1057
15.4.8. Таблицы изменений.....	1063
15.5. Спецификация в файле Excel.....	1065
15.5.1. Шаблоны спецификаций	1066
15.5.2. Вставка спецификации	1066
15.5.3. Редактирование текста.....	1066
15.5.4. Сохранение файла спецификации	1067

Глава 16. Импорт/экспорт **1069**

16.1. Импорт/экспорт документов.....	1069
16.1.1. Импортирование документов	1070
16.1.2. Импортирование геометрии.....	1072
16.1.3. Редактирование импортированных элементов	1072
16.1.4. Обзор диагностики импортирования.....	1073
16.1.5. Экспорт документов и настройка параметров.....	1074
16.1.6. Исходный формат DXF/DWG.....	1075
16.1.7. DWGeditor.....	1079
16.1.8. Print3D.....	1080
16.2. Типы файлов импорта/экспорта	1080
16.2.1. Файлы ACIS (sat).....	1081
16.2.2. Файлы Adobe Illustrator (ai).....	1082
16.2.3. Файлы Autodesk Inventor (ipt).....	1082
16.2.4. Файлы CADKEY (prt, ckd).....	1082
16.2.5. Графические файлы CATIA (cgr)	1083
16.2.6. Файлы DXF 3D (dxf)	1083
16.2.7. Файлы DXF/DWG (dxf, dwg).....	1083
16.2.8. Файлы eDrawings (eprt, easm или edrw).....	1086

16.2.9. Упакованные графические файлы (hcg).....	1087
16.2.10. Файлы HOOPS (hsf).....	1087
16.2.11. Файлы IDF (emn, brd, bdf, idb).....	1087
16.2.12. Файлы IGES (igs, iges).....	1088
16.2.13. Файлы JPEG (jpg).....	1090
16.2.14. Файлы Mechanical Desktop (dwg, dxf).....	1090
16.2.15. Файлы Parasolid (x_t, x_b).....	1090
16.2.16. Файлы PDF (pdf).....	1091
16.2.17. Файлы Pro/ENGINEER (prt, xpr, asm, xas).....	1092
16.2.18. Файлы Solid Edge (par, psm, asm).....	1093
16.2.19. Файлы STEP (step, stp).....	1093
16.2.20. Файлы STL (stl).....	1094
16.2.21. Файлы TIFF (tif).....	1096
16.2.22. Файлы Unigraphics II (prt).....	1097
16.2.23. Файлы VDAFS (vda).....	1098
16.2.24. Файлы Viewpoint (mts).....	1098
16.2.25. Файлы VRML (wrl).....	1098
16.2.26. Файлы ZGL (zgl).....	1099
Глава 17. Прочностные расчеты деталей в COSMOSXpress.....	1101
17.1. Основные сведения о приложении COSMOSXpress.....	1101
17.1.1. Анализ напряжений.....	1102
17.1.2. Допущения линейного статического анализа.....	1103
17.2. Применение COSMOSXpress.....	1104
17.2.1. Интерфейс пользователя.....	1104
17.2.2. Использование COSMOSXpress.....	1106
17.2.3. Установка параметров.....	1106
17.2.4. Назначение материала.....	1107
17.2.5. Применение ограничений.....	1108
17.2.6. Применение нагрузок.....	1109
17.2.7. Анализ детали.....	1112
17.2.8. Просмотр результатов.....	1114
17.2.9. Оптимизация размеров детали.....	1119
Глава 18. Анализ литья в MoldflowXpress.....	1121
18.1. Основные принципы литьевого формования.....	1121
18.1.1. Влияние толщины детали.....	1121
18.1.2. Правила выбора точек литья.....	1122
18.2. Применение MoldflowXpress.....	1123
18.2.1. Интерфейс пользователя.....	1123
18.2.2. Использование MoldflowXpress.....	1124
18.2.3. Создание точки литья.....	1124
18.2.4. Выбор материала.....	1125
18.2.5. Указание условий обработки.....	1126
18.2.6. Выполнение анализа.....	1127
18.2.7. Получение результатов анализа литья.....	1127
Глава 19. Детали и расчеты в Toolbox.....	1129
19.1. Назначение и принципы работы с Toolbox.....	1129
19.1.1. Назначение Toolbox.....	1129
19.1.2. Активизация приложения Toolbox в SolidWorks.....	1130
19.1.3. Добавление детали в сборку.....	1131
19.1.4. Создание детали.....	1134
19.1.5. Добавление деталей в библиотеку Toolbox.....	1135
19.1.6. Настройка параметров Toolbox.....	1135
19.2. Компоненты и элементы Toolbox.....	1141
19.2.1. Конструкционная сталь.....	1141

19.2.2. Канавки	1143
19.2.3. Кулачки	1145
19.3. Расчеты в <i>Toolbox</i>	1152
19.3.1. Расчет балки	1152
19.3.2. Расчет подшипника.....	1154
Глава 20. Распознавание в <i>FeatureWorks</i>	1157
20.1. Назначение <i>FeatureWorks</i>	1157
20.1.1. Основные возможности.....	1157
20.1.2. Способы распознавания.....	1157
20.1.3. Панель инструментов <i>FeatureWorks</i>	1158
20.1.4. Параметры <i>FeatureWorks</i>	1158
20.2. Применение <i>FeatureWorks</i>	1159
20.2.1. Добавление и удаление <i>FeatureWorks</i>	1159
20.2.2. Автоматическое распознавание	1160
20.2.3. Интерактивное распознавание	1161
20.2.4. <i>FeatureWorks</i> - <i>FeatureManager</i>	1163
20.2.5. Менеджер распознанных элементов.....	1164
Глава 21. Реалистичные изображения в <i>PhotoWorks</i>	1165
21.1 Основные принципы работы с приложением <i>PhotoWorks</i>	1165
21.1.1. Активизация приложения <i>PhotoWorks</i>	1165
21.1.2. Панель инструментов <i>PhotoWorks</i>	1168
21.1.3. Меню <i>PhotoWorks</i>	1168
21.1.4. Элементы <i>PhotoWorks</i>	1169
21.2. Способы создания фотореалистичных изображений в <i>PhotoWorks</i>	1170
21.2.1. Создание картинок в <i>PhotoWorks</i>	1170
21.2.2. Помощник для создания изображения.....	1172
21.2.3. Изображение части картинки.....	1174
21.2.4. Изображение выбранного объекта.....	1175
21.2.5. <i>PhotoWorks Studio</i>	1175
21.3. Параметры изображения.....	1178
21.3.1. Настройки пользователя	1179
21.3.2. Настройки документа	1180
21.3.3. Дополнительные.....	1181
21.3.4. Освещение	1183
21.3.5. Месторасположение файлов.....	1184
21.4. Материалы	1186
21.4.1. Папки материалов.....	1186
21.4.2. Выбор материалов.....	1186
21.4.3. Настройка материалов пользователями.....	1194
21.5. Сцена.....	1194
21.5.1. Менеджер сцен.....	1195
21.5.2. Комната.....	1196
21.5.3. Задний план/передний план.....	1197
21.5.4. Среда.....	1198
21.5.5. Освещение	1199
Глава 22. Моделирование в <i>SolidWorks Animator</i>	1201
22.1. Основные принципы работы с <i>SolidWorks Animator</i>	1201
22.1.1. Активизация приложения <i>Animator</i> в <i>SolidWorks</i>	1201
22.1.2. Основные принципы создания анимаций.....	1203
22.1.3. Интерфейс <i>SolidWorks Animator</i>	1203
22.1.4. Параметры <i>SolidWorks Animator</i>	1210
22.2. Создание базовых анимаций	1212
22.2.1. Создание базовых анимаций перемещения компонентов и изменения свойств видимости	1212
22.2.2. Синхронизация последовательности в анимации	1214

22.3. Помощник для создания анимации.....	1215
22.3.1. Вращение детали или сборки	1215
22.3.2. Разнесение и составление сборки	1217
22.3.3. Физическое моделирование сборки	1218
22.4. Анимации на основе камеры	1219
22.4.1. Анимация на основе камеры с использованием ключевых точек	1220
22.4.2. Создание анимаций на основе платформ камеры	1222
22.5. Анимации при помощи захвата экрана и сохранение анимаций.....	1225
22.5.1. Запись анимаций с использованием захвата экрана	1225
22.5.2. Сохранение анимации	1227
Глава 23. SolidWorks Проверка проекта	1229
23.1. Назначение программы	1229
23.1.1. Добавление и удаление программы	1229
23.1.2. Панель инструментов <i>Проверка документа</i>	1230
23.1.3. Создание проверки	1230
23.1.4. Проверка активного документа	1232
23.2. Проверка документа	1233
23.3. Проверка примечания	1235
23.4. Проверка размера	1236
23.5. Проверка чертежного документа	1237
23.6. Проверка документа детали и сборки	1238
23.7. Проверка элемента	1238
23.8. Мастер обучающихся проверок	1239
Глава 24. Утилиты SolidWorks	1241
24.1. Панель инструментов <i>Utilities</i>	1242
24.2. Сравнение документов	1242
24.2.1. Запуск утилиты сравнения документов	1243
24.2.2. Параметры утилиты сравнения документов	1243
24.2.3. Общие параметры утилиты сравнения документов	1244
24.2.4. Параметры допуска утилиты сравнения документов	1245
24.2.5. Параметры цвета утилиты сравнения документов	1245
24.2.6. Результаты работы утилиты сравнения документов	1246
24.2.7. Сравнить грани утилиты сравнения документов	1247
24.2.8. Сравнить элементы утилиты сравнения документов	1248
24.2.9. Сравнить объемы утилиты сравнения документов	1248
24.3. Сравнение элементов	1249
24.3.1. Запуск утилиты сравнения элементов	1249
24.3.2. Параметры сравнения элементов	1250
24.3.3. Общие параметры утилиты сравнения элементов	1251
24.3.4. Параметры цвета утилиты сравнения элементов	1251
24.3.5. Результаты сравнения элементов	1252
24.4. Сравнение геометрии	1253
24.4.1. Запуск сравнения геометрии	1254
24.4.2. Параметры сравнения геометрии	1255
24.4.3. Общие параметры утилиты сравнения геометрии	1256
24.4.4. Настройки допуска утилиты сравнения геометрии	1257
24.4.5. Параметры цвета утилиты сравнения геометрии	1257
24.4.6. Результаты сравнения геометрии	1257
24.4.7. Сохранение результатов сравнения объемов	1259
24.5. Проверка геометрии	1259
24.5.1. Запуск проверки геометрии	1259
24.5.2. Параметры проверки геометрии	1260
24.5.3. Результаты проверки геометрии	1261
24.6. Анализ толщины	1261
24.6.1. Запуск анализа толщины	1262
24.6.2. Отчет анализа толщины	1263

24.7. Утилиты работы с элементами	1264
24.7.1. Поиск элементов.....	1264
24.7.2. Изменение элементов.....	1265
24.7.3. Погашение элементов.....	1266
24.7.4. Упрощение деталей.....	1266
24.7.5. Расширенный выбор.....	1267
24.7.6. Перенести свойства.....	1268
24.7.7. Копировать формат.....	1269
24.8. Менеджер отчетов.....	1269
24.8.1. Сохранение отчетов	1269
24.8.2. Отчет о видах.....	1270
24.8.3. Использование администратора отчетов.....	1270
24.9. eDrawings.....	1272
24.9.1. Панель инструментов <i>eDrawings</i>	1272
24.9.2. Анимирование с eDrawings	1273
24.9.3. Создание сессии eDrawings.....	1273
Глава 25. Устранение неполадок.....	1275
25.1. Возможные ошибки.....	1275
25.1.1. Подвешенная геометрия.....	1275
25.1.2. Ошибки сопряжений	1276
25.1.3. Ошибки при решении сопряжений	1278
25.1.4. Сопряжения для подвешенной геометрии	1279
25.1.5. Конфликтующие сопряжения.....	1279
25.1.6. Заменить сопряженные объекты	1280
25.1.7. Ошибки проектирования и сопряжения	1280
25.1.8. Конфликты сопряжения в контексте	1281
25.1.9. Конфликты сопряжений с взаимосвязями эскиза	1282
25.1.10. Переопределенный эскиз.....	1283
25.1.11. Ошибки оболочки	1284
25.1.12. Неразрешимый эскиз.....	1285
25.1.13. Геометрия с нулевой толщиной	1286
25.2. Рекомендации по производительности системы.....	1287
25.2.1. Предупредительное управление файлами	1288
25.2.2. Проблемы аппаратного обеспечения и рекомендации	1288
25.2.3. Распределение памяти	1289
25.2.4. Проблемы при отображении.....	1290
25.2.5. Графические адаптеры и драйверы	1294
25.2.6. Проблемы печати	1295
Глава 26. Справка в SolidWorks.....	1297
26.1. Справка в меню и интерфейсе пользователя.....	1297
26.1.1. Меню ? (Справка)	1297
26.1.2. Справка в интерфейсе пользователя.....	1299
26.1.3. Справка на <i>Панели задач</i>	1300
26.2. Учебное пособие или функциональные инструкции.....	1301
26.3. Быстрые советы.....	1302
Предметный указатель	1304

Введение

Книга, которую вы держите в руках, предназначена для того, чтобы как можно большее число пользователей ПЭВМ на практике убедились в простоте работы с системами автоматизированного проектирования (САПР) в области машиностроения.

В ваших руках все богатство средств конструирования объемных (3D) моделей. Причем начать работать с простыми моделями можно практически сразу, не тратя время и силы на длительное и кропотливое обучение.

Система SolidWorks 2007 позволяет сконцентрироваться на творческом процессе. Вам не нужно задумываться о том, где находится та или иная функция. Вы всегда найдете ее в меню, палитре или панелях. Интерфейс программы прост и интуитивен: на каждой стадии проектирования моделей пользователю предлагаются именно те команды, которые применимы в данный момент. SolidWorks 2007 не стесняет пользователя жесткими рамками — попробуйте поработать с ним, и вы сами в этом убедитесь.

SolidWorks 2007 охватывает все этапы конструирования — от построения начального эскиза до выпуска конструкторской документации. Имея его в своем арсенале, вы будете более эффективно выполнять компоновки ваших разработок.

Данное издание содержит систематизированную информацию о SolidWorks 2007 и является своеобразным справочником практически по всем командам. В книге описаны все инструментальные панели и способы работы с ними. Простота изложения делает справочник понятным не только подготовленным пользователям, но и новичкам. Однако для изучения SolidWorks 2007 необходим опыт работы с Windows-приложениями.

На компакт-диске, приложенном к книге, находится видеокурс по основам работы в программе, созданный авторами на основе их предыдущей книги "Самоучитель SolidWorks 2007", СПб, БХВ-Петербург, 2006.

В процессе ознакомления с SolidWorks 2007 вы убедитесь в следующих утверждениях:

- SolidWorks 2007 достаточно прост в использовании;
- делает трехмерное (3D) проектирование простым и наглядным;
- охватывает весь конструкторский процесс — от эскизов до выпуска документации.

SolidWorks 2007 — система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения. SolidWorks 2007 является ядром интегрированного комплекса автоматизации предприятия, с помощью которого осуществляется поддержка жизненного цикла изделия в соответствии с концепцией CALS-технологий, включая двунаправленный обмен данными с другими Windows-приложениями и создание интерактивной документации. В зависимости от класса решаемых задач пользователям предлагается три базовых конфигурации системы: SolidWorks, SolidWorks Professional и SolidWorks Premium.

Разработчиком САПР SolidWorks 2007 является компания SolidWorks Corporation (США), независимое подразделение компании Dassault Systemes (Франция) — мирового лидера в области высокотехнологичного программного обеспечения. Разработки SolidWorks Corp. характеризуются высокими показателями качества, надежности и производительности, что в сочетании с квалифицированной поддержкой делает SolidWorks 2007 лучшим решением для промышленности.

SolidWorks 2007 — серьезная программа с широким набором средств и приложений, расширяющих его в направлении инженерного анализа и автоматизации конструкторских работ. К этим приложениям относятся следующие:

- COSMOSXpress** — прочностной расчет деталей методом конечных элементов, определение напряжений в материале, деформации конструкции, расчет коэффициента запаса прочности;
- MoldflowXpress** — моделирование потока и заполнения материала в деталях, отливаемых из пластика, определение времени литья, выявление участков, где не происходит заполнение;
- Toolbox** — библиотека стандартных деталей: болты, гайки, шайбы, подшипники и другие детали, имеющие параметрический вид и оформленные в нескольких стандартах. Этот инструмент также позволяет проводить проектировочные расчеты подшипников качения, балки и др.;
- FeatureWorks** — распознавание элементов на импортируемом твердотельном элементе: вытянутые и повернутые элементы, фаски и скругления, ребра, уклоны, отверстия и т. д.;
- PhotoWorks** — создание реалистичных изображений моделей с фотографическим качеством, в основу которого положен инструмент изображения **mental ray**, с заданием материала, текстуры, освещения и т. п.;

- **eDrawings** — анимирование и просмотр моделей и чертежей, а также создание документов, удобных для отправки другим пользователям;
- **Animator** — проведение анимации сборок по времени на основе вычисления ключевых точек, в которой можно менять не только положение объекта, но и положение камеры;
- **Design Checker** — проверка заданному критерию дизайна чертежного стандарта, шрифтов, материалов, а также эскизов;
- **Utilities** (утилиты SolidWorks) — набор инструментов, который позволяет подробно изучить геометрию твердотельной детали и выполнять сравнения с другими деталями.

Немного о SolidWorks

CAD-системы (аббревиатура от *computer-aided design* — компьютерная поддержка проектирования) предназначены для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации. Как правило, в современные CAD-системы входят модули моделирования трехмерной объемной конструкции (детали) и оформления чертежей и текстовой конструкторской документации (спецификации, ведомости и т. д.). Ведущие трехмерные CAD-системы позволяют реализовать идею сквозного цикла подготовки и производства сложных промышленных изделий. В настоящее время общепризнанным фактом является невозможность изготовления сложной наукоемкой продукции (кораблей, самолетов, танков, двигателей, различных видов промышленного оборудования и др.) без применения CAD -систем.

К середине 90-х годов многие конструкторы и технологи во всем мире практически одновременно пришли к одинаковому выводу — для того, чтобы повысить эффективность своего труда и качество разрабатываемой продукции, необходимо срочно переходить от работы в смешанной среде двумерной графики и трехмерного моделирования к использованию объемных моделей, в качестве основных объектов проектирования. В поисках максимально подходящей для решения поставленной задачи системы пользователи определили требования к ней: возможность эффективного твердотельного моделирования на промышленном уровне, стандартный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс и, конечно, наиболее привлекательная цена при высокой эффективности пакета.

Впервые пакеты твердотельного параметрического моделирования с промышленными возможностями стали доступны пользователям персональных компьютеров лишь в 1995 году, который стал переломным для мирового рынка систем CAD/CAM массового применения. Одно из лучших решений такого уровня смогла предложить американская компания SolidWorks Corporation. Созданная в 1993 году, эта фирма уже через два года, в ноябре 1995, выпустила на базе геометрического ядра Parasolid свой первый программный продукт. Пакет твердотельного параметрического моделирования SolidWorks 95 сразу занял ведущие позиции среди продуктов этого класса, буквально ворвавшись в мировую "табель о рангах" систем CAD/CAM.

САПР, базирующиеся на технологиях объемного параметрического моделирования, уже давно стали промышленным стандартом для проектирования конкурентоспособной продукции. Поскольку процесс проектирования носит итерационный характер, проектировщик вынужден неоднократно вносить изменения в проект с целью улучшения технических характеристик проектируемого объекта. Контролировать эти изменения вручную достаточно сложно, учитывая большое количество варьируемых проектных параметров. Ошибки, допущенные на ранних этапах проектирования, могут коренным образом повлиять на характеристики разрабатываемого изделия и существенно снизить его конкурентоспособность. В связи с этим вопрос автоматизации проектирования для большинства предприятий и конструкторских бюро приобретает в настоящий момент особую актуальность. Качественный выигрыш от использования САПР достигается за счет увеличения степени типизации принимаемых проектных решений, а также за счет принципиальной возможности при меньших издержках решать более сложные технические задачи.

Выбор САПР, отвечающей потребностям какого-либо конкретного предприятия — задача непростая, поскольку требует серьезного анализа рынка информационных технологий, выбора компании-поставщика, отвечающей за внедрение программного комплекса, и, самое главное, — выбора базовой системы проектирования, в которой будут разрабатываться новые изделия. Компания SolidWorks Russia предлагает конструкторам для этих целей систему гибридного параметрического моделирования SolidWorks 2007, которая предназначена для проектирования деталей и сборок в объеме с возможностью проведения различных видов экспресс-анализа, а также оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД. Программное обеспечение выполнено на русском языке, работает на платформе Windows 2003/XP. Выпуск конструкторской документации осуществляется в полном соответствии с требованиями ЕСКД. Обладая широкими возможностями и доступной ценой, система быстро внедряется в производство, обеспечивая скорую окупаемость вложенных средств.

За последние годы CAD-системы прошли путь от сравнительно простых чертежных приложений до интегрированных программных комплексов, обеспечивающих единую поддержку всего цикла разработки, начиная от эскизного проектирования и заканчивая технологической подготовкой производства, испытаниями и сопровождением.

В настоящее время SolidWorks 2007 завоевывает прочные позиции на промышленных машиностроительных предприятиях России, и широта области его использования продолжает увеличиваться. Локализация программы от самой фирмы SolidWorks и ориентация на использование Windows делает систему легко осваиваемой и быстро работающей. Система реализует классический процесс трехмерного параметрического проектирования — *от идеи к объемной модели, от модели к чертежу*. Несмотря на легкость освоения, в SolidWorks 2007 реализуются сложные геометрические построения благодаря использованию объемного ядра Parasolid. При этом возможности твердотельного моделирования, реализованные в системе, вполне сопоставимы с возможностями систем "тяжелого" класса, работающих на платформе UNIX.

SolidWorks 2007 "играет" точно по принятым в Windows правилам, к числу которых можно отнести многооконный режим работы, поддержка стандарта "drag and drop", настраиваемый пользователем интерфейс, использование буфера обмена и полная поддержка технологии OLE Automation. Являясь стандартным приложением Windows, SolidWorks 2007 прост в использовании и, что особенно важно, легок в изучении. И разработчики системы совершенно оправданно заявляют, что "если вы уже знаете Windows, то можете смело начинать проектирование с помощью SolidWorks 2007".

Отличительными особенностями САПР SolidWorks 2007 от других аналогичных продуктов являются следующие:

- твердотельное и поверхностное параметрическое моделирование;
- полная ассоциативность между деталями, сборками и чертежами;
- богатый интерфейс импорта/экспорта геометрии;
- экспресс-анализ прочности деталей и кинематики механизмов;
- специальные средства по работе с большими сборками;
- простота в освоении и высокая функциональность;
- гибкость и масштабируемость;
- 100% соблюдение требований ЕСКД при оформлении чертежей;
- русскоязычный пользовательский интерфейс и документация.

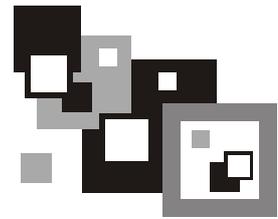
Требования к компьютеру

Поскольку в процессе работы программы SolidWorks 2007 производятся сложные геометрические построения, то для быстрой и эффективной работы необходимо, чтобы ваш компьютер обладал достаточными ресурсами и минимальная конфигурация его имела бы следующую спецификацию:

- процессор Pentium IV с тактовой частотой процессора не менее 2 ГГц или аналогичный;
- оперативная память не менее 512 Мбайт;
- видеопамять не менее 128 Мбайт;
- свободное место на диске не менее 1 Мбайт;
- операционная система Microsoft Windows 2003/XP;
- Web-браузер Internet Explorer 6.0 или более поздней версии;
- CD- или DVD-привод;
- мышь или аналогичное устройство указания.

Для максимально удобной и эффективной работы со сложными сборками, состоящими из сотен элементов, рекомендуется увеличить размер оперативной памяти компьютера до 1 Мбайт, а размер видеопамяти до 256 Мбайт.

Глава 1



Основные принципы работы в SolidWorks 2007

В главе рассматриваются основные принципы работы программы и этапы проектирования изделия.

1.1. Принципы создания деталей и сборок

Проектирование любого изделия состоит из ряда этапов. Кратко охарактеризуем те этапы проектирования, которые обеспечиваются программой SolidWorks 2007.

1.1.1. Построение эскиза

Процесс моделирования начинается с построения эскиза, а построение эскиза начинается с выбора конструктивной плоскости, в которой будет строиться этот двумерный эскиз. Впоследствии этот эскиз можно тем или иным способом легко преобразовать в твердое тело. При создании эскиза доступен полный набор геометрических построений и операций редактирования. Нет никакой необходимости сразу точно выдерживать требуемые размеры, достаточно примерно соблюдать конфигурацию эскиза. Позже, если потребуется, конструктор может изменить значение любого размера и наложить связи, ограничивающие взаимное расположение отрезков, дуг, окружностей и т. п. Эскиз конструктивного элемента может быть легко отредактирован в любой момент работы над моделью.

1.1.2. Создание объемной модели

Пользователю предоставляются несколько различных средств создания объемных моделей. Основными формообразующими операциями в SolidWorks 2007 являются команды добавления и снятия материала. Система позволяет выдавливать контур с различными конечными условиями, в том числе на заданную длину или до указанной поверхности, а также вращать контур вокруг заданной оси. Возможно создание тела по заданным контурам с использованием нескольких образующих кривых (так называемая операция лофтинга) и выдавливанием контура вдоль заданной траектории. Кроме того, в SolidWorks 2007 необычайно легко строятся литейные уклоны на выбранных гранях модели, полости в твердых телах с заданием различных толщин для различных граней, скругления постоянного и переменного радиуса, фаски и отверстия сложной формы.

При этом система позволяет отредактировать в любой момент времени однажды построенный элемент твердотельной модели.

Значительно упрощают работу многочисленные сервисные возможности, такие как копирование выбранных конструктивных элементов по линии или по кругу (создание массивов), зеркальное отображение указанных примитивов или модели.

При редактировании конструктор может вернуть модель в состояние, предшествовавшее созданию выбранного элемента. Это может потребоваться для выполнения каких-либо действий, невозможных в текущий момент.

Кроме проектирования твердотельных моделей, SolidWorks 2007 поддерживает и возможность поверхностного представления объектов. При работе с поверхностями используются те же основные способы, что и при работе с твердыми телами. Возможно построение поверхностей, эквидистантных к выбранным, а также импорт поверхностей из других систем с использованием различных форматов.

При проектировании деталей, изготавливаемых литьем, очень полезной оказывается возможность создания разъемных литейных форм.

Если для работы необходимо использовать какие-либо часто повторяющиеся конструктивные элементы, то на помощь приходит способность системы сохранять примитивы в виде библиотечных элементов.

Важной характеристикой системы является возможность получения разверток для спроектированных деталей из листового материала. При необходимости в модель, находящуюся в развернутом состоянии, могут быть добавлены новые места сгиба и различные конструктивные элементы, которые по каким-либо причинам нельзя было создать раньше.

Для упрощения работы с трехмерной моделью на любом этапе проектирования и повышения ее наглядности в SolidWorks 2007 используется **Дерево конструирования** (Feature Manager) в стиле Проводника Windows. Оно представляет собой своеобразную графическую карту модели, последовательно отражающую все геометрические примитивы, которые были использованы при создании детали, а также конструктивные оси и вспомогательные плоскости, на которых создавались двумерные эскизы. При работе же в режиме сборки **Дерево конструирования** показывает список деталей, входящих в сборку. Обычно **Дерево конструирования** отображается в левой части окна SolidWorks 2007, хотя его положение можно в любой момент изменить. **Дерево конструирования** предоставляет мощные средства редактирования структуры модели или узла. Оно позволяет переопределять порядок следования отдельных конструктивных элементов либо целых деталей, создавать в пределах детали или сборки несколько вариантов конфигурации какого-либо элемента и т. д.

Процесс построения 3D-модели основывается на создании объемных геометрических элементов и выполнении различных операций между ними. Подобно конструктору "LEGO" модель набирается из стандартных элементов (блоков) и может быть отредактирована путем добавления (удаления) этих элементов, либо — путем изменения характерных параметров блоков. 3D-модель несет в себе наиболее полное описание физических свойств объекта (объем, масса, моменты инерции) и дает проектанту возможность работы в виртуальном 3D-пространстве, что позволяет на самом высоком уровне приблизить компьютерную модель к облику будущего изделия, исключая этап макетирования.

1.1.3. Создание сборок

SolidWorks 2007 предлагает конструктору довольно гибкие возможности создания узлов и сборок. Система поддерживает как создание сборки способом "снизу вверх", то есть на основе уже имеющихся деталей, число которых может достигать сотен и тысяч, так и проектирование "сверху вниз" (от сборки к детали).

Проектирование сборки начинается с задания взаимного расположения деталей друг относительно друга, причем обеспечивается предварительный просмотр накладываемой пространственной связи. Для цилиндрических поверхностей могут быть заданы связи концентричности, для плоскостей — их совпадение, параллельность, перпендикулярность или угол взаимного расположения. Работая со сборкой, можно по мере необходимости создавать новые детали, определяя их размеры и расположение в пространстве относительно других элементов сборки. Наложённые связи позволяют автоматически перестраивать всю сборку при изменении параметров любой из деталей, входящих в узел. Каждая деталь обладает материальными свойствами, поэтому существует возможность контроля "собираемости" сборки. Для проектирования изделий, получаемых с помощью сварки, система позволяет выполнить объединение нескольких свариваемых деталей в одну.

Разработчики SolidWorks 2007 большое внимание уделяют работе с комплексными сборками, количество компонентов которых может составлять десятки и сотни тысяч единиц. Безусловно, для работы с такими моделями требуется использовать специальные методики управления отдельными деталями и узлами сборки, рационально распоряжаться ресурсами процессора и оперативной памяти. Для этого в SolidWorks 2007 существует специальный режим, который так и называется "Режим работы с большими сборками". Этот режим позволяет оптимально распределить программные и аппаратные ресурсы, экономно, таким образом, время загрузки и перестроения сборки. Лучшим доказательством работоспособности "Режима работы с большими сборками" являются работы клиентов SolidWorks, которые в течение последних двух лет создают крупные проекты, состоящие из 10—100 тысяч компонентов.

1.1.4. Генерация чертежей

Процесс конструирования в SolidWorks 2007 не заканчивается на разработке объемных деталей и сборок. Программа позволяет автоматизированно создавать чертежи по заданной 3D-модели, исключая ошибки проектанта, неизбежно возникающие при начертании проекций изделия вручную. SolidWorks 2007 поддерживает чертежные стандарты GOST, ANSI, ISO, DIN, JIS, GB и BSI. В SolidWorks 2007 имеется модуль

eDrawings, с помощью которого можно создавать, просматривать и выводить на печать электронные чертежи SolidWorks 2007. Благодаря встроенной программе просмотра чертежи eDrawings можно сразу же открыть для просмотра без использования каких-либо заранее установленных на компьютере САД-систем или других средств просмотра. Очень удобным и наглядным средством, позволяющим понять конструкцию изделия, изображенного на чертеже, является возможность анимировать чертеж и посмотреть, как соотносятся между собой чертежные виды.

После того как будет создана твердотельная модель детали или сборки, конструктор может автоматически получить рабочие чертежи с изображениями всех основных видов, проекций, сечений и разрезов, а также с представленными размерами. SolidWorks 2007 поддерживает двунаправленную ассоциативную связь между чертежами и твердотельными моделями, так что при изменении размера на чертеже автоматически перестраиваются все, связанные с этим размером, конструктивные элементы в трехмерной модели. И наоборот, любое изменение, внесенное в твердотельную модель, повлечет за собой автоматическую модификацию соответствующих двумерных чертежей.

Когда чертеж готов, вывести его на бумажный носитель можно любыми, имеющимися "под рукой", принтерами либо плоттерами.

1.2. Основные понятия и структура ядра геометрического моделирования

1.2.1. Объекты ядра

Рассмотрим объекты, которые определяют возможности ядра геометрического моделирования.

Геометрические объекты

Геометрические объекты — основополагающее звено во всем ядре. Без них невозможно говорить о графической системе или ядре. Существуют различные возможности представления геометрических объектов, однако при этом необходимо учитывать тот факт, что не все форматы данных позволяют создавать графические системы с необходимыми возможностями. Например, существует возможность задания объектов в виде полигональной модели, так называемой поверхностной сетки. Этот формат очень прост в плане задания модели и алгоритмов, применяемых к ней. Однако он является трудоемким при обработке объектов, и к тому же сильно ограничивает возможности ядра в плане дальнейшего применения этих объектов в САД-системах (например, построение чертежной проекции по готовой трехмерной модели, получение фасок и выполнения булевых операций). При рассмотрении некоторых САД-систем, таких как разработки компании Autodesk, можно было заметить, что наиболее удачным средством при работе с дву- и трехмерными объектами, является аналитическое описание объектов в виде сплайнов, а именно NURBS. Это мощное средство, без которого не обходится сегодня ни одна более или менее известная графическая система. Поэтому в качестве базовой модели задания объектов выбирается задание в виде NURBS-поверхностей и кривых. Это формат объектов является достаточно сложным и базируется на сложном математическом аппарате. Однако применение именно этого формата оптимизирует ядро во время работы системы трехмерного моделирования.

Еще важным преимуществом использования параметрических поверхностей в виде NURBS является то, что они являются стандартным представлением в форматах САД-систем, таких как ACIS-стандарт. Однако эти форматы абсолютно не поддерживают представление объектов в виде полигональной сетки.

В то же время при моделировании крупных механических узлов возможно использование полигональных моделей объектов. В связи с этим предусмотрена поддержка полигонального задания объектов, с ограниченными возможностями их использования.

Вспомогательные объекты

Кроме геометрических объектов для полноты возможностей ядра необходимы также вспомогательные объекты. Для моделирования механических узлов предусмотрено наличие так называемых коннекторов, вспомогательных объектов, которые служат для быстрого построения сложных механических систем. При построении отдельного элемента узла с ним ассоциируется отдельный коннектор или группа коннекторов, а также устанавливаются поля взаимодействия отдельных коннекторов, для того чтобы ограничить взаимодействие еди-

ничных элементов. Использование такого рода объектов позволяет оптимизировать работу пользователя с системами моделирования. В разрабатываемой структуре предполагается наличие нескольких различных форм коннекторов. Все коннекторы разделяются на два класса: точечные и линейные коннекторы. Точечные коннекторы определяют отдельную точку, которой прикрепляется один объект к другому. Линейные коннекторы определяют отрезок прямой, который определяет места возможного прикрепления объектов. Дополнительная информация о каждом коннекторе определяет степени свободы объекта.

Камеры и источники света

Эти элементы используются исключительно для визуализации, с целью получения настраиваемого пользовательского интерфейса. Однако в отличие от геометрических объектов, которые могут находиться в иерархии по отношению друг к другу, камеры и источники света могут быть использованы только как объекты сцены.

1.2.2. Виртуальная сцена

В этом блоке содержится информация обо всех используемых объектах. Кроме этого в этом блоке происходит управление объектами и самой сценой. Например, перемещение, вращение объектов и т. п. Сама сцена подразделяется на стандартную и проекционную. В проекционной сцене происходит так называемое построение только лишь проекций, в то время как в стандартной сцене участвуют уже готовые трехмерные объекты. То есть какой-либо отрезок или дуга окружности будут считаться двумерными, если они принадлежат проекционной сцене и трехмерными объектами — если они находятся в стандартной сцене. При этом операции над проекционной сценой, а точнее, камерой, ассоциированной с этой сценой, будут весьма ограничены. Разделение сцены на стандартную и проекционную необходимо для двух целей: первая — по двумерным проекциям создавать трехмерное изображение. При этом понимается полуавтоматизированное создание простейших объектов: точка, прямая линия (отрезок), участок плоскости. Задача автоматического распознавания двумерных проекций и создания по ним трехмерных изображений по-прежнему является достаточно сложной. Вторая — создание двумерной проекции по трехмерному изображению. Под проекцией в данном случае понимается не просто двумерное изображение объекта на плоскости, а изображение по правилам инженерной графики и начертательной геометрии. Эта задача также не является простой, однако решение ее все же существует. Для этого также необходимо использование параметрического задания поверхности в виде NURBS. Весь математический аппарат, который базируется на матричных операциях, реализуется именно в этом блоке. Для этого каждый объект сцены представляет собой фактически узел сцены, с которым ассоциирована матрица, задающая положение и ориентацию объекта в сцене или относительно родительского элемента. Ниже перечислены базовые операции над узлами сцены:

- перемещение;
- вращение;
- масштабирование;
- добавление в иерархию;
- удаление из иерархии.

1.2.3. Внешние библиотеки

Библиотеки подразделяются на следующие виды:

- библиотека стандартных примитивов;
- библиотека расширенных примитивов;
- библиотека динамических примитивов;
- библиотека составных объектов;
- библиотека внешних форматов файлов;
- библиотека пользовательских примитивов.

Библиотека стандартных примитивов включает простейшие базовые объекты, такие как сфера, параллелепипед, конус, призма, пирамида, цилиндр. В библиотеку расширенных примитивов попадают объекты, которые в общем случае можно было бы отнести к стандартным примитивам, однако из-за того, что они являются бо-

лее сложными, их относят в отдельную библиотеку. К таким объектам относятся: труба (полый цилиндр), тор, усеченный конус, капсула и др. В библиотеке динамических примитивов создаются объекты методом кинематического вращения кривой вокруг некоторой оси и методом протягивания кривой вдоль некоторой направляющей. Библиотека создания составных объектов включает создание булевских объектов при поддержке стандартных операций: объединение, пересечение, вычитание и т. д. Взаимодействие библиотек с ядром основывается на внутреннем интерфейсе, разработанном специально для этих целей.

1.2.4. Конфигурации

Этот блок является подготовительным для визуализации и содержит в себе информацию об окнах, различных настройках, специальных эффектах (например, туман) и др. В блоке конфигурации происходит подготовительный сбор и обработка всех геометрических объектов с целью последующей их подачи на визуализацию. Все объекты в зависимости от наличия в них прозрачных элементов, расположения их в окне отображения распределяются на несколько слоев. Затем все слои последовательно один за другим подаются на визуализатор. Разделение объектов на слои производится с целью оптимизации процесса визуализации. В противном случае необходимо было бы осуществлять отображение в несколько проходов.

1.2.5. Визуализатор

Блок визуализатора является конечным звеном в работе ядра. Он является необязательным в том смысле, что фактически работа ядра могла бы проходить и без него, например, при выполнении булевской операции над цилиндром и сферой можно было с помощью двух функций создать два объекта (цилиндр и сферу) и с помощью третьей функции выполнить операцию вычитания или пересечения, сохранив результат в файл, и при этом не пользоваться услугами визуализатора. Однако удобнее, когда имеется встроенное средство для отображения и снижается трудоемкость создания среды геометрического моделирования. Блок визуализатора может в зависимости от возможностей операционной системы, на которой реализуется данное ядро и сама система, настраиваться на определенные средства визуализации, например, OpenGL или DirectX.

Для того чтобы ускорить воспроизведение объектов на экран, необходимо предварительно произвести оптимизацию. Оптимизация может заключаться в адаптивном аппроксимировании объектов полигонами в зависимости от расстояния до камеры.

1.2.6. Внешние интерфейсы и управление ядром

Для функционирования приложения необходим интерфейс между ядром и системой геометрического моделирования, использующей это ядро.

Можно выделить три основных интерфейса в ядре:

- между ядром и внешней системой;
- между ядром и внешними библиотеками;
- между внешней системой и библиотеками.

В последнем случае связь осуществляется посредством того же ядра, однако необходимы другие средства, которые позволяли бы внешней среде вызывать функции, заложенные внутри внешних библиотек. Так как внешняя библиотека предоставляет неизвестные ядру функции, то использовать стандартный механизм вызова функций ядром попросту нельзя. Здесь используется так называемый скрипт-язык. Это в свою очередь требует наличие в ядре интерпретатора функций и скрипт-языка.

Интерфейс между внешними библиотеками также заслуживает особого внимания. Для создания гибкого ядра необходимо, чтобы ядро и библиотеки имели между собой минимальную привязку, то есть удаление какой-либо из библиотек из набора не сказывалось никаким образом на работу самого ядра. Для этого необходим такой базовый интерфейс, который бы понимали все библиотеки. С другой стороны, во всех библиотеках есть свои функции, которые не известны ядру. Для этого в ядре предусмотрено получение количества, имен и параметров всех функций, которые присутствуют во внешней библиотеке. При вызове из внешней среды какой-либо функции внешней библиотеки по имени, всегда можно найти эту функцию, имея в своем распоряжении список этих функций.

Интерфейс между ядром и внешней средой, в свою очередь, также можно подразделить на следующие группы функций:

- инициализация ядра и визуализатора;
- управление конфигурацией;
- управление сценой и объектами.

Под инициализацией ядра понимается загрузка необходимых библиотек, инициализация сцены и конфигурации ядра. При управлении конфигурацией ядра происходит настройка пользовательских окон визуализации, управление специальными эффектами сцены (таких как туман), вывод специальных вспомогательных средств на экран (сетка, оси координат и др.). Управление объектами включает в себя перемещение, вращение, добавление в иерархию, удаление из иерархии, а также те функции, которые предоставляют внешние библиотеки.

1.2.7. Способы создания параметризованной геометрической модели

Существует три подхода к созданию параметризованной геометрической модели изделия:

- параметрическое конструирование (parametric/variational — associative design);
- ассоциативная геометрия (associative geometry);
- объектно-ориентированное конструирование с использованием базовых операций добавления/удаления материала (feature-based modeling).

Параметрическое конструирование

Определить цель конструирования достаточно просто, однако процесс поиска рационального решения сложен и требует гармоничного сочетания различных методов автоматизированного конструирования изделий. Параметрическое конструирование как методология автоматизированной разработки является основой для параллельного ведения проектно-конструкторских работ и позволяет уточнить конечную цель конструирования уже на ранних стадиях реализации проекта, что и определяет эффективность совмещения процессов конструирования, инженерного анализа и производства на едином временном интервале и их взаимной интеграции. Параметризация подразумевает использование различных видов взаимосвязей между компонентами модели и приложениями, которые используют данную модель.

Использование технологии параметрического конструирования позволяет при необходимости легко изменять форму модели, в результате чего пользователь имеет возможность быстро и эффективно получать альтернативные конструкции или пересмотреть концепцию изделия в целом. При отсутствии средств обеспечения параметрического конструирования модель определена однозначно только своей геометрией, поэтому внесение даже малейших изменений требует значительных трудовых затрат. Изменения же параметрической модели выполняются также легко, как и изменения значения размеров на чертежах.

Параметризация — концепция, которая охватывает все методы для решения задач конструирования. Важной особенностью современной концепции параметрического конструирования является, прежде всего, возможность создания геометрической модели с использованием связей и правил, которые могут переопределяться и дополняться на любом этапе ее создания. Связи представляются в виде размерных, геометрических и алгебраических соотношений. Правила же определяются как условия выполнения базовой операции (например, сквозное или "глухое" отверстие).

Параметрическое конструирование с полным набором связей или "жесткая" параметризация (Parametric Design)

Параметрическое конструирование с полным набором связей или "жесткая" параметризация — интеллектуальное моделирование, где геометрия и конструкторские намерения заложены в самом определении модели. "Жесткая" параметризация — режим параметрического конструирования, при котором конструктор полностью задает все необходимые связи, однозначно определяя тем самым форму геометрической модели изделия. В этом случае изменение значения какого-либо параметра или переопределение связей влечет за собой автоматическое изменение геометрии модели и не требует от конструктора выполнения каких-либо действий по модификации геометрической модели.

Для режима "жесткой" параметризации характерно наличие случаев, когда при изменении параметров геометрической модели решение вообще не может быть найдено, так как часть параметров и установленные связи вступают в противоречие друг с другом. Другими словами, такая технология позволяет, при необходимости, управлять изменением формы конструкции в некоторых пределах, которые определяются интервалом взаимной непротиворечивости всей совокупности параметров и наложенных связей.

Существует много способов задания параметров и связей для одной и той же конструкции, поэтому при использовании этой технологии очень важным является порядок определения и характер наложенных связей, которые будут управлять изменением формы конструкции, так как для каждого способа наложения связей интервалы их взаимной непротиворечивости будут разными.

Параметрическое конструирование с неполным набором связей или "мягкая" параметризация (Variational Design)

"Мягкая" параметризация (работа с недоопределенной системой связей) — режим параметрического конструирования, который позволяет конструктору работать, не задумываясь о порядке, в котором определены или учтены связи, а также об их достаточности для полного описания геометрии конструкции. Такой подход позволяет пользователю решать проблему, следуя по интуитивному, наиболее естественному пути.

Ключевое преимущество использования технологии "мягкой" параметризации при конструировании — возможность решения геометрически недоопределенных задач путем предоставления пользователю возможности выявления неизвестных факторов в виде связей и нахождения нужного решения.

С точки зрения практической реализации, "мягкая" параметризация — это метод для нахождения необходимых размеров и уточнения ориентации геометрических элементов, определяющих форму конструкции. В основе метода лежит принцип решения системы нелинейных уравнений, которые описывают систему связей, управляющую формой.

Ассоциативная геометрия (Associative Geometry)

Ассоциативное конструирование — это обобщающее название технологии параметрического конструирования, обеспечивающей единую, в том числе и двустороннюю, информационную взаимосвязь между геометрической моделью, расчетными моделями, программами для изготовления изделия на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), конструкторской документацией, базой данных проекта.

Технология ассоциативной геометрии, иногда именуемая как направленная ассоциативность (directed associativity), — это технология ассоциативного конструирования, которая базируется на непосредственных взаимосвязях между объектами. Простейший пример — определение параллельности двух отрезков. Отрезок А может быть определен как параллельный отрезку В. В результате при перемещении отрезка В отрезок А также изменит свое положение с сохранением ориентации по отношению к отрезку В. Собственное же положение отрезка А не может быть непосредственно изменено. Можно определить отрезки А и В как параллельные и другим способом, так что можно будет изменять положение любого из этих отрезков, удовлетворяя условиям других наложенных связей — это случай так называемой "мягкой" ассоциативности. Преимущество использования ассоциативной геометрии — скорость. Недостаток же заключается в том, что пользователь должен полностью определить размеры и ориентацию элемента, прежде чем приступить к созданию следующего элемента.

Объектно-ориентированное конструирование (Feature-Based Modeling)

Объектно-ориентированное конструирование на основе базовых операций является одним из подходов ассоциативного конструирования, с помощью которого определяется поведение геометрической формы при дальнейших изменениях. Этот подход реализован на основе определенного набора правил и атрибутов, задаваемых при выполнении базовой операции, в дополнение к уже заданным связям и ассоциативной геометрии. Базовые операции являются высокоэффективным инструментом для создания геометрической модели конструкции, инженерного анализа или изготовления.

Объектно-ориентированное моделирование предоставляет в распоряжение пользователя макрофункции, ранее определенные как последовательность действий, использующих булевы операции. Например, сквозное отверстие может быть представлено как булева операция вычитания и цилиндр достаточной длины. Сразу можно возразить, что если модель станет несколько толще, то цилиндр уже не будет обладать достаточной длиной и отверстие превратится в "глухое". Однако под сквозным отверстием понимается правило, которое определяет сквозной проход в указанном месте через тело модели, независимо от того, изменилась форма модели или