

Наталья Дударева
Сергей Загайко

SolidWorks **2009** **ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ**

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2009

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
Д81

Дударева, Н. Ю.

Д81 SolidWorks 2009 для начинающих / Н. Ю. Дударева,
С. А. Загайко. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. —
448 с.: ил. + CD-ROM

ISBN 978-5-9775-0392-1

Книга позволит начинающему пользователю получить практические навыки работы в пакете трехмерного твердотельного моделирования SolidWorks 2009. Подробно описаны все основные принципы работы при проектировании объектов машиностроения: построение эскиза, создание трехмерных деталей, составление из них узлов и агрегатов, оформление чертежей. Рассматриваются примеры подготовки различных конфигураций деталей, а также деталей на основе поверхностей. Может использоваться в качестве учебного пособия для студентов машиностроительных вузов. Прилагаемый компакт-диск содержит цветные иллюстрации, примеры из книги, каталог деталей, шаблоны рамок и штампов основной надписи в соответствии с ЕСКД.

Для широкого круга пользователей

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Игорь Цырульников</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Виктория Пиотровская</i>
Дизайн серии, оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 26.05.09.

Формат 60×90^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 28.

Тираж 2000 экз. Заказ №

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

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию
№ 77.99.60.953.Д.003650.04.08 от 14.04.2008 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

ISBN 978-5-9775-0392-1

© Дударева Н. Ю., Загайко С. А., 2009
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2009

Оглавление

Введение.....	1
Что такое САПР?.....	2
Легковесные САПР	3
САПР среднего уровня	4
Тяжеловесные САПР	6
Немного о SolidWorks	7
Основные принципы и этапы твердотельного проектирования в SolidWorks 2009	10
Построение эскиза.....	11
Создание объемной модели.....	11
Создание сборок	13
Генерация чертежей	14
Инженерные расчеты	15
От авторов.....	16
Занятие 1. Создание эскизов	17
1.1. Простые эскизы.....	17
1.1.1. Интерфейс программы.....	17
1.1.2. Создание эскиза детали	24
1.2. Дополнительные возможности построения эскизов	44
1.2.1. Использование зеркального отражения объектов.....	44
1.2.2. Использование команд отрисовки массивов	47
1.3. Задания для самостоятельной работы.....	51
Занятие 2. От эскиза к трехмерной модели	57
2.1. Детали типа призмы.....	57
2.1.1. Переход в 3D-пространство	57

2.1.2. Завершение работы с эскизом.....	58
2.1.3. Создание объемного элемента	59
2.1.4. Зуммирование, панорамирование и поворот	62
2.1.5. Задание цвета модели	63
2.1.6. Выбор грани для создания прорези	64
2.1.7. Построение эскиза прорези	65
2.1.8. Выполнение выреза.....	68
2.1.9. Добавление искривленного выреза	68
2.1.10. Построение сопряжений и фасок.....	72
2.1.11. Построение эскиза стяжного отверстия	76
2.1.12. Создание отверстия	77
2.1.13. Сохранение детали	80
2.2. Детали типа тел вращения	80
2.2.1. Построение контура тела вращения	81
2.2.2. Построение тела вращения.....	82
2.2.3. Вырезание вращением	83
2.2.4. Добавление элементов простым вытягиванием	85
2.2.5. Удаление материала простым вырезанием.....	87
2.2.6. Редактирование определения	91
2.3. Дополнительные возможности.....	92
2.3.1. Круговой массив.....	92
2.3.2. Линейный массив	98
2.3.3. Зеркальное отражение объектов.....	103
2.4. Задания для самостоятельной работы.....	108

Занятие 3. Построение твердых тел сложной конфигурации..... 111

3.1. Построение твердых тел по сечениям.....	111
3.1.1. Способы создания дополнительных плоскостей	111
3.1.2. Построение элементов по сечениям без направляющей кривой	120
3.1.3. Построение элементов по сечениям с направляющей кривой.....	126
3.1.4. Построение элементов по сечениям с осевой линией	130
3.1.5. Построение элементов по сечениям с неплоским профилем.....	132

3.2. Построение твердых тел по траектории	135
3.2.1. Способы построения простых элементов по траектории.....	135
3.2.2. Построение элементов по траектории с использованием направляющих кривых	141
3.3. Элементы на основе трехмерных направляющих	145
3.3.1. Построение трехмерного эскиза	145
3.3.2. Создание трехмерного объекта по траектории	147
3.4. Задания для самостоятельной работы.....	151
Занятие 4. Формирование чертежа.....	155
4.1. Основные правила создания чертежей	155
4.1.1. Установка шрифтов и шаблонов SolidWorks	155
4.1.2. Создание нового чертежа	159
4.1.3. Создание трех стандартных видов.....	160
4.1.4. Перемещение видов на чертеже.....	161
4.1.5. Изменение масштаба вида.....	162
4.1.6. Использование <i>Дерева конструирования</i>	163
4.1.7. Удаление вида.....	165
4.1.8. Создание вспомогательного вида	166
4.1.9. Создание проекционного вида из полученных видов.....	167
4.1.10. Создание нового листа.....	168
4.1.11. Копирование и вставка видов	169
4.1.12. Сохранение чертежа.....	170
4.2. Возможности SolidWorks 2009 в оформлении чертежей....	170
4.2.1. Создание разреза	171
4.2.2. Создание местного вида	174
4.2.3. Скрытие видов	176
4.2.4. Использование обрезаемого вида	177
4.2.5. Нанесение размеров	178
4.2.6. Нанесение дополнительных размеров.....	179
4.2.7. Добавление вынутого разреза	181
4.2.8. Дополнительные элементы оформления	182
4.2.9. Текстовые пояснения	186
4.2.10. Сохранение и закрытие чертежа.....	187
4.3. Задания для самостоятельной работы.....	188

Занятие 5. Создание деталей из листового материала	191
5.1. Проектирование деталей непосредственно из листового материала	191
5.1.1. Проектирование детали на основе развертки	193
5.1.2. Проектирование деталей из листового металла в согнутом состоянии.....	201
5.2. Конструирование детали из твердого тела и преобразование ее в деталь из листового металла	209
5.2.1. Первый способ преобразования твердотельной детали в деталь из листового металла	209
5.2.2. Второй способ преобразования твердотельной детали в деталь из листового металла.....	218
5.3. Оформление чертежей деталей из листового материала	223
5.4. Задания для самостоятельной работы.....	228
 Занятие 6. Создание сборок.....	233
6.1. Сборка "снизу вверх"	233
6.2. Сборка "сверху вниз"	245
6.3. Массивы в сборке	253
6.4. Оформление сборочного чертежа	259
6.5. Спецификация	265
6.5.1. Создание спецификации при помощи таблицы SolidWorks	267
6.5.2. Создание спецификации при помощи таблицы Excel	273
6.5.3. Создание спецификации с помощью программы SWR-Спецификация.....	274
6.6. Задания для самостоятельной работы.....	279
 Занятие 7. Работа с литейными формами	283
7.1. Простая литейная форма	284
7.1.1. Создание исходных деталей.....	284
7.1.2. Создание промежуточной сборки.....	285
7.1.3. Редактирование детали и вставка в нее полости.....	287
7.1.4. Создание детали производного компонента.....	289
7.1.5. Создание линии разреза.....	289

7.1.6. Создание разреза детали.....	290
7.1.7. Создание полости в многотельной детали.....	292
7.2. Оформление литейной формы со сложным разъемом.....	297
7.2.1. Построение тела полости.....	298
7.2.2. Извлечение сердцевины.....	299
7.2.3. Разделение деталей	301
7.2.4. Анализ уклона.....	302
7.2.5. Задание уклона	305
7.2.6. Определение выточки	306
7.2.7. Создание основания	309
7.2.8. Создание промежуточной сборки.....	310
7.2.9. Создание полости	311
7.2.10. Оформление первой половины литейной формы	313
7.2.11. Оформление второй половины литейной формы.....	316
7.3. Задания для самостоятельной работы.....	318

Занятие 8. Создание поверхностей и деталей

на их основе..... 321

8.1. Поверхности	321
8.1.1. Основные способы построения поверхностей	321
8.1.2. Преобразование поверхностей.....	331
8.2. Детали с использованием поверхностей.....	338
8.2.1. Построение детали вытягиванием до поверхности	338
8.2.2. Построение детали утолщением поверхности.....	341
8.3. Задания для самостоятельной работы.....	344

Занятие 9. Расчеты в приложениях SimulationXpress

и FloXpress..... 347

9.1. Основные сведения о приложении SimulationXpress	347
9.2. Расчет детали на прочность в SimulationXpress.....	350
9.2.1. Загрузка детали и запуск SimulationXpress.....	350
9.2.2. Выбор материала	351
9.2.3. Установка ограничения	352
9.2.4. Задание нагрузки	354
9.2.5. Проведение прочностного расчета детали.....	355
9.2.6. Анализ результатов	356

9.3. Расчет гидрогазодинамики в FloXpress	363
9.3.1. Построение геометрии для анализа	364
9.3.2. Подготовка модели для анализа	366
9.3.3. Запуск FloXpress и проверка геометрии	368
9.4. Задания для самостоятельной работы.....	374
Занятие 10. Создание различных конфигураций деталей	377
10.1. Конфигурации: основные сведения	377
10.2. Создание конфигураций вручную	379
10.3. Создание конфигураций с помощью таблицы параметров.....	385
10.4. Задания для самостоятельной работы.....	391
Занятие 11. Дополнительные возможности SolidWorks 2009	397
11.1. Импорт/Экспорт.....	397
11.1.1. Импорт файла DWG.....	397
11.1.2. Редактирование эскиза.....	401
11.1.3. Изменение масштаба эскиза.....	402
11.1.4. Вытягивание импортированного эскиза	403
11.1.5. Экспорт геометрии детали в другие форматы.....	403
11.2. Анимация	404
11.2.1. Анимация вращения детали или сборки	405
11.2.2. Анимация разнесения и составления сборок.....	407
11.2.3. Анимация физического моделирования.....	413
11.2.4. Анимация с помощью захвата изображения	418
11.3. Библиотека стандартных деталей.....	419
11.4. Фотореалистичные изображения	427
11.5. Задания для самостоятельной работы.....	432
Приложение. Содержание компакт-диска	435
Предметный указатель	437

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 2009 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 2009 не стесняет пользователя жесткими рамками — попробуйте поработать с ним, и вы сами в этом убедитесь.

SolidWorks 2009 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 поможет вам сделать первые шаги в SolidWorks 2009, поскольку оно снабжено большим количеством примеров. Простота изложения делает пособие понятным даже новичкам в автоматизированном проектировании. Однако для изучения курса SolidWorks 2009 необходим опыт работы с Windows-приложениями.

В процессе ознакомления с SolidWorks 2009 вы убедитесь в правоте следующих утверждений:

- SolidWorks 2009 достаточно прост в использовании;
- делает трехмерное (3D) проектирование простым и наглядным;
- охватывает весь процесс проектирования — от создания эскизов до выпуска конструкторской документации.

Однако в небольшом объеме книги невозможно рассказать обо всем. SolidWorks 2009 — серьезная программа с широким набором средств. Кроме того, для этого пакета разработан ряд приложений, расширяющий его в направлении инженерного анализа, автоматизации производства и управления технологическими процессами. К таким приложениям, например, относятся SolidWorks Simulation 2009 — прочностной расчет деталей методом конечных элементов, CosmosMotion 2009 — расчет кинематики и динамики механизма, CosmosFloWorks 2009 — расчет течений газа или жидкости и др. Применяя SolidWorks 2009 в комплексе с этими и другими приложениями, вы получите контроль над всей производственной цепочкой — от общих набросков до изготовления реальных изделий.

Что такое САПР?

Термин "САПР для машиностроения" в нашей стране обычно используют в тех случаях, когда речь идет о пакетах программ, которые в англоязычной терминологии называются CAD/CAM/CAE. Другими словами, это программное обеспечение для автоматизированного проектирования и конструирования (CAD — computer aided design), подготовки производства (CAM — computer aided manufacturing) и инженерного анализа (CAE — computer aided engineering). Существуют САПР и для других областей — разработки электронных приборов, строительного проектирования и т. п.

Широкий спектр CAD-программ (а именно к этому классу САПР относится SolidWorks 2009), предлагаемых различными разработчиками, как правило, вызывает у пользователя некоторое

замешательство при выборе того или иного программного продукта. В самом деле, чтобы сделать правильный выбор, необходимо знать возможности всех предлагаемых программ. А это практически невыполнимое условие. Но, если вы имеете точное представление о том, какие перед вами стоят задачи в настоящее время и какие задачи вам предстоит решить в ближайшем будущем, то выбор программного обеспечения значительно упрощается. Чтобы помочь пользователю сделать выбор, рассмотрим классификацию существующих САПР.

По традиционной классификации все САПР подразделяют на три уровня:

- *нижний или легкий уровень.* Представителями этого уровня являются такие САПР, как AutoCAD, CADdy, CADMECH Desktop, MasterCAM, T-FlexCAD, OmniCAD, Компас. Ценовой диапазон этих САПР составляет 500—2 000 долларов за рабочее место;
- *средний уровень.* Представителями этого уровня являются такие САПР, как Solid Edge, SolidWorks, Autodesk Inventor, Cimatron, Form-Z, CAD SolidMaster, все еще продолжающий развиваться Mechanical Desktop, DesignSpace. Ценовой диапазон этих САПР составляет 2 000—20 000 долларов за рабочее место;
- *верхний или тяжелый уровень.* Представителями этого уровня являются такие САПР, как ADAMS, ANSYS, CATIA, EUCLID3, Pro/ENGINEER, UniGraphics. Цена этих САПР составляет более 20 000 долларов за рабочее место.

Легковесные САПР

Программы данной категории служат для двумерного черчения, поэтому их обычно называют электронной чертежной доской. К настоящему времени они пополнились некоторыми трехмерными возможностями, но не имеют средств параметрического моделирования, которыми обладают тяжелые и средние САПР. Эти программы позволяют сократить время проектирования и улучшить качество документации только за счет устранения

ручного труда. При этом они не защищают вас от ошибок, характерных для ручного проектирования — при помощи кульмана, карандаша и ластика. Относительно невысока и стоимость таких программ, поэтому они пользуются спросом, несмотря на нынешний экономический кризис. Именно из-за их простоты и дешевизны "легкие" системы стали самым распространенным продуктом автоматизации проектирования, своего рода "рабочей лошадкой" мира САПР. И если вы не выполняете сложных проектов и вас не "поджимают" сроки, то ваш выбор можно ограничить такими программами.

САПР среднего уровня

Программы данной категории позволяют не только исключить ошибки, возможные при проектировании с помощью программ "нижнего" уровня, но и выполнить различные проверочные расчеты деталей и сборок вашего изделия, посчитать их массогабаритные характеристики и пр., что характерно для программ "тяжелого" уровня. Все это становится возможным благодаря переходу от двумерного проектирования к трехмерному, "объемному" моделированию. Применение таких программ при разработке изделий средней сложности позволяет значительно сократить время разработки и уменьшить количество ошибок в конструкторской документации.

Такие пакеты появились в мире САПР совсем недавно — в середине 90-х годов прошлого века. До этого существовало только два полюса — на одном мощные (читай, "тяжелые") системы, работающие на Unix-станциях (впрочем, тогда их было гораздо больше, чем сейчас), а на другом — простые (читай "легкие") программы двумерного черчения для персонального компьютера. Но как только персональный компьютер обрел достаточную мощность, а Windows стала многозадачной и более устойчивой операционной системой, разработчики смогли создать системы автоматизированного проектирования, которые заняли промежуточное положение между "тяжелыми" и "легкими" продуктами. От первых они унаследовали возможности трехмерного твердотельного и поверхностного моделирования, а от вторых — невы-

сокую цену, удобный графический интерфейс и ориентацию на платформу Windows. Новинки произвели настоящий переворот в мире САПР, позволив многим конструкторским и проектным организациям перейти с двумерного на трехмерное моделирование.

Важную роль в становлении среднего класса сыграли два ядра твердотельного параметрического моделирования — ACIS и Parasolid, которые появились в начале 90-х годов и сейчас используются во многих ведущих САПР. Геометрическое ядро служит для точного математического представления трехмерной формы изделия и управления этой моделью. Полученные с его помощью геометрические данные используются системами CAD, CAM и CAE для разработки конструктивных элементов, сборок и изделий. В настоящее время Parasolid принадлежит фирме EDS, а ACIS — компании Dassault, которые продают лицензии на их использование всем желающим. Таких желающих немало — эти ядра составляют основу более сотни САПР, а число проданных лицензий перевалило за миллион. Успех понятен — ведь использование готового ядра избавляет разработчиков системы от решения трудоемких задач твердотельного моделирования и позволяет сосредоточиться на пользовательском интерфейсе и других функциях. Впрочем, это не значит, что все САПР среднего класса построены на базе этих механизмов. Многие компании ценят независимость и предпочитают разрабатывать собственные "движки".

В числе лидеров "среднего" сегмента — система SolidWorks одноименной компании (в настоящее время — подразделение Dassault Systemes), пакет Solid Edge (разработан фирмой Intergraph, теперь принадлежит EDS), а также программа Inventor от Autodesk. Кроме них в данном сегменте работает множество компаний, в том числе и российских. Их популярность среди пользователей постоянно растет, и благодаря этому данная область динамично развивается. В результате по функциональным возможностям средний класс постепенно догоняет своих более дорогостоящих конкурентов. Например, будучи изначально средствами твердотельного моделирования, эти системы в ходе эволюции обрели функции поверхностного моделирования, подготовки производства, инженерного анализа и даже управления инженерными данными. Однако далеко не всем пользователям требуется такое

разнообразие возможностей. Видимо, именно этим объясняется то, что переход с двумерных систем на трехмерные еще не завершился, и многие пользователи до сих пор предпочитают программы легкого класса.

Тяжеловесные САПР

Программы данной категории позволяют реализовать проект сложного технического устройства, выполнить необходимые расчеты и проверки и получить на выходе конструкторскую, технологическую документацию и программы для станков с числовым программным управлением для изготовления деталей. Такие программы являются тяжеловесными и в отношении цены.

В настоящее время на рынке осталось лишь три САПР верхнего ценового класса — Unigraphics NX компании EDS, CATIA французской фирмы Dassault Systemes (которая продвигает ее вместе с IBM) и Pro/Engineer от PTC (Parametric Technology Corp.). Раньше мощных системы было больше, но после череды слияний и поглощений компаний число пакетов сократилось. Главная особенность "тяжелых" САПР — обширные функциональные возможности, высокая производительность и стабильность работы — все это результат длительного развития. Все названные программы включают средства трехмерного твердотельного и поверхностного моделирования, а также модули структурного анализа и подготовки к производству, т. е. являются интегрированными пакетами CAD/CAM/CAE. Кроме того, все три поставщика предлагают для своих САПР системы управления инженерными данными (PDM — project data manager), позволяющие управлять всей конструкторско-технологической документацией и предоставлять дополнительные данные, экспортированные из других корпоративных систем, из справочников и нормативных источников. Несмотря на то, что тяжелые системы стоят значительно дороже своих более "легких" собратьев, затраты на их приобретение окупаются, особенно когда речь идет о сложном производстве, например, машиностроении, двигателестроении, авиационной и аэрокосмической промышленности.

Немного о SolidWorks

К середине 90-х годов прошлого века 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 г., 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/CAE. С появлением новых версий операционной системы Windows появлялись и новые версии SolidWorks, использующие возможности операционных систем, повышая быстродействие пакетов SolidWorks. Если SolidWorks 2000—2003 мог работать под управлением операционной системы Windows 98, SolidWorks 2004—2006 — под управлением Windows 2000, то SolidWorks 2007—2009 работают под управлением операционных систем Windows XP и Windows Vista.

В настоящее время SolidWorks 2009 завоевывает прочные позиции на промышленных машиностроительных предприятиях

России, и широта области его использования продолжает увеличиваться. Чтобы убедиться в этом, достаточно посетить веб-сайт **www.solidworks.ru**.

Продукт американской фирмы SolidWorks Inc. представляет собой систему трехмерного твердотельного параметрического проектирования механических узлов и конструкций, разработанную специально для Windows XP и Windows Vista. Локализация 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 2009 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 2009 "играет" точно по принятым в Windows правилам, к числу которых можно отнести многооконный режим работы, поддержку метода "drag-and-drop", настраиваемый пользователем интерфейс, использование буфера обмена и полную поддержку технологии OLE Automation. Являясь стандартным приложением Windows, SolidWorks 2009 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 2009".

Так вы хотите научиться проектированию в SolidWorks 2009? Тогда начнем!

Сначала проверим, соответствует ли ваш компьютер требованиям к аппаратному и программному обеспечению для работы с SolidWorks 2009.

К системным требованиям по аппаратной части для корректной работы пакета относятся следующие:

- оперативная память — минимум составляет 1 Гбайт. При этом количество элементов в детали не должно превышать 200,

а количество компонентов в сборке — не более 1 000. Для более эффективной работы рекомендуется 2 Гбайт и более, при этом количество элементов в детали может превышать 200, а количество компонентов в сборке — более 1 000. Кроме того, рекомендуется сделать настройки в операционной системе такими, чтобы виртуальная память в 2 и более раз превышала оперативную;

- ❑ процессор — Intel Pentium™, Intel Xeon™, Intel Core™, AMD® Athlon™, AMD® Opteron™, AMD® Turion™;
- ❑ видеоплата — протестированные графические карты с памятью не менее 256 Мбайт для рабочих станций с поддержкой OpenGL и протестированные драйверы к ним. Список протестированных и сертифицированных комбинаций графических карт и драйверов к ним можно найти на веб-сайте **www.solidworks.com**;
- ❑ DVD-ROM — устройство требуется для установки пакета на персональный компьютер, так как SolidWorks 2009 поставляется на DVD-дисках;
- ❑ свободное место на жестком диске — не менее 10 Гбайт;
- ❑ устройство типа "мышь" или аналогичное устройство указания. Рекомендуется мышь с колесиком, которое можно не только вращать, но еще и нажимать;
- ❑ сеть — SolidWorks 2009 тестируется только с сетями Microsoft Windows Networking и сетевым окружением Active Directory. Сети Novell и любые не-Windows сетевые устройства не тестировались и не рекомендуются. Сеть требуется при использовании "плавающих" лицензий. Если вы используете локальную лицензию, то требования по наличию сети снимаются;
- ❑ сервер SNL (SolidWorks Networks License). Данный сервер требуется, если вы обладаете сетевой версией лицензии SolidWorks 2009, которая устанавливается на данный сервер. При этом все остальные персональные компьютеры обращаются к серверу как клиенты. В качестве операционных систем могут использоваться Windows XP Professional или Windows Server 2003® (рекомендуется). Кроме того, для работы сервера

потребуется USB-порт или параллельный, а также CD-ROM или DVD-ROM.

К программному обеспечению предъявляются следующие требования:

- ❑ операционная система — Windows XP Professional (32-bit или 64-bit) или Windows Vista (32-bit или 64-bit). Если у вас 32-разрядная операционная система, то необходимо устанавливать 32-разрядную версию SolidWorks 2009, если 64-разрядная операционная система, то можно устанавливать любую версию SolidWorks 2009, но 64-разрядная версия пакета будет работать быстрее;
- ❑ если вы предполагаете использовать таблицы конфигураций, созданных в предыдущих версиях SolidWorks, то вам потребуется Microsoft Excel из пакета Microsoft Office 2000, 2003 или 2007;
- ❑ если вы предполагаете использовать справочную систему SolidWorks 2009, мастер установки SolidWorks 2009 или открывать файлы SolidWorks 2009 из проводника Internet Explorer, то вам потребуется Internet Explorer версии 6.0 или более поздней;
- ❑ если вы предполагаете просматривать руководство "Новые возможности" SolidWorks 2009, то рекомендуется установить Adobe Acrobat Reader версии 7.0.7 или более поздней.

Таким образом, если ваш компьютер удовлетворяет вышеперечисленным требованиям по аппаратному и программному обеспечению, то вы можете смело устанавливать SolidWorks 2009 и начинать изучение основных принципов твердотельного проектирования.

Основные принципы и этапы твердотельного проектирования в SolidWorks 2009

Каждое изделие перед непосредственным процессом его изготовления проходит ряд этапов, которые кратко охарактеризуем.

Построение эскиза

Процесс моделирования начинается с построения эскиза, а построение эскиза — с выбора конструктивной плоскости, в которой будет строиться этот двумерный эскиз. Впоследствии его 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. Кроме того, в процессе построения эскиза конструктор может воспользоваться инструментарием, позволяющим проводить диагностику эскиза и быстро находить ошибки построения (например, *SketchXpert*).

Создание объемной модели

Пользователю предоставляется несколько различных средств создания объемных моделей. Основными формообразующими операциями в *SolidWorks 2009* 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 2009* необычайно легко строятся литейные уклоны на выбранных гранях модели, полости в твердых телах с заданием различной толщины для разных граней, скругления постоянного и переменного радиуса, фаски и отверстия сложной формы. Так же как и в построении эскизов, здесь есть свой инструментарий для оформления элементов деталей (например, *FilletXpert*, *DraftXpert* и т. д.).

При этом система позволяет отредактировать в любой момент 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 2009 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 формата IGES, ACIS и др.

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

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

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 2009 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 2009, 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.

При выполнении команд чаще всего параметры задаются через **Менеджер свойств** (Property Manager), который появляется на месте **Дерева конструирования** при вызове той или иной команды, при этом само **Дерево конструирования** перемещается в графическую область построений и становится прозрачным.

При проектировании деталей конструктору доступна единая библиотека физических свойств материалов, текстур и штриховок, возможно управление историей построения модели. Кроме того, возможно ручное и автоматическое образмеривание, а также динамичное внесение изменений в режиме реального времени.

Создание сборок

SolidWorks 2009 предлагает конструктору довольно гибкие возможности создания узлов и сборок. Система поддерживает как создание сборки способом "снизу вверх", т. е. на основе уже имеющихся деталей, число которых может достигать сотен и тысяч, так и проектирование "сверху вниз" — от сборки к детали. В этом случае сборка основывается на так называемом "компоновочном эскизе", который является основополагающим при создании сборки. В результате создания такого эскиза возникают детали в составе сборки. Характерной особенностью такой сборки является то, что если конструктор будет изменять компоновочный эскиз, то автоматически будут изменяться размеры зависимых деталей.

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, а также возможно проектирование рамных или ферменных конструкций по набору 2D- или 3D-эскизов.

В процессе работы со сборками возможно контекстное редактирование деталей в составе сборки, назначение автосопряжения, а также возможен режим работы с большими сборками. Кроме того, можно создавать массивы компонентов сборки, осуществлять вырезы и отверстия в контексте сборки, объединять и разделять детали.

SolidWorks 2009 позволяет проектировать изделия с учетом специфики изготовления. Например, при изготовлении изделия из листового материала SolidWorks 2009 позволяет проводить построение разверток, осуществлять моделирование "от детали к развертке" и "от развертки к детали", а также делать вырезы для снятия напряжений. При проектировании пресс-форм и штампов программа позволяет проводить анализ уклонов, строить линии и поверхности разъема и т. д.

Генерация чертежей

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 проставленными размерами. SolidWorks 2009 поддерживает двунаправленную ассоциативную связь между чертежами и твердотельными моделями, так что при изменении управляющего размера на чертеже автоматически перестраива-

ются все связанные с этим размер конструктивные элементы в трехмерной модели. И наоборот, любое изменение, внесенное в твердотельную модель, повлечет за собой автоматическую модификацию соответствующих двумерных чертежей.

В SolidWorks 2009 поддерживается выпуск чертежей в соответствии со стандартами GOST, ANSI, ISO, JIS и рядом других. При оформлении чертежно-конструкторской документации в полном соответствии с ЕСКД SolidWorks 2009 является самодостаточным, т. е. в SolidWorks 2009 есть все средства для оформления чертежей по российским стандартам. Но для повышения эффективности создания чертежей рекомендуется использование SolidWorks 2009 совместно с различными мощными чертежно-графическими редакторами, которые могут выступать в роли электронного "нормоконтролера". К таким редакторам относятся, например, КОМПАС, MechanICS и др. Здесь надо отметить то, что при использовании этих редакторов теряется ассоциативная связь модели с размерами на чертеже, т. е. применять такие редакторы надо на заключительном этапе создания чертежей, когда изменение модели более не предполагается. В противном случае процесс переноса чертежа в графический редактор придется повторить.

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

Инженерные расчеты

И наконец, в SolidWorks 2009 по готовой объемной модели детали или сборки можно проводить различные инженерные расчеты:

- подсчитывать массы деталей или сборок, определять моменты инерции относительно различных осей и т. п.;
- имитировать работу механизмов и узлов;
- проводить анализ интерференции и анализировать контактные взаимодействия;
- проводить расчет пружин и кулачков;
- рассчитывать отдельные детали или детали, находящиеся в сборке, на прочность методом конечных элементов с опре-

делением напряжений, деформаций и расчетом коэффициента запаса прочности;

- проводить анимацию собранного узла;
- рассчитывать кинематику и динамику звеньев механизма с расчетом нагрузок на элементы сборки;
- моделирование течений жидкостей и газов при решении задач различных гидродинамических и пневматических систем и т. д.

От авторов

Данная книга ни в коей мере не заменяет и не дополняет справку SolidWorks 2009. Как правило, справкой удобно пользоваться тогда, когда пользователь уже имеет определенный опыт работы с программой, но забыл некоторые команды или приемы создания объектов. В этом случае справка оперативно поможет восстановить память и подсказать забытые команды. Назначение данной книги иное. Она позволит пользователю Windows, практически ничего не знающему о программе SolidWorks 2009, сразу начать работать в ней и получать готовые проекты и чертежи проектируемых деталей и изделий (гораздо быстрее, чем в знаменитом AutoCAD). На примере простых деталей мы попытались показать читателю, как можно быстро проектировать эти детали и изделия. Являясь неким "путеводителем", данная книга позволит вам пройти по основным "контрольным точкам" проектирования объектов машиностроения. Надо сказать, что с помощью SolidWorks 2009 можно проектировать объекты не только из области машиностроения, но и из области архитектуры, мебельного производства и т. п. Мы постарались как можно более доходчиво объяснить основные принципы работы с SolidWorks 2009. Надеемся, что вы, быстро освоив предлагаемый материал книги, также быстро перейдете к самостоятельному дальнейшему освоению SolidWorks 2009 в своей работе. Не бойтесь экспериментировать и искать оптимальные варианты решения задач с помощью SolidWorks 2009. Каждый, в конце концов, найдет свое. Поверьте, SolidWorks 2009 так же неисчерпаем, как и атом.

Желаем удачи в вашем нелегком труде.



Занятие 1


Создание эскизов



Создание любой детали начинается с построения эскиза, поэтому рассмотрение способов создания эскизов в SolidWorks 2009 начнем с построения простых эскизов, двигаясь от простого к сложному. Простые эскизы, как правило, состоят из примитивов: отрезок, окружность, дуга и т. п., соединенных в замкнутый контур. Более сложные эскизы предусматривают использование дополнительных возможностей при построении, которые при правильном применении ускоряют процесс проектирования. Но целесообразное применение тех или иных возможностей эскизного инструментария, в конечном счете, будет определяться опытом работы в SolidWorks 2009.

Таким образом, рассмотрение простых и сложных эскизов начнем на примере такой простой детали, как хомут.

1.1. Простые эскизы

1.1.1. Интерфейс программы

Для начала запустим программу SolidWorks 2009. Запуск программы осуществляется щелчком мыши по значку  на рабочем столе или выбором команды **Пуск | Программы | SolidWorks 2009 | SolidWorks 2009**.

После запуска программы будут доступны два значка в левом верхнем углу экрана:  — открытие существующих файлов деталей, сборок или чертежей и  — создание новых файлов. Вос-

пользуемся вторым значком для создания нового файла, щелкнув по нему левой кнопкой мыши. Если у вас уже есть какие-либо файлы, воспользуйтесь первым значком.

В появившемся окне шаблонов, показанном на рис. 1.1, выберем шаблон **Деталь**, выделив соответствующий значок, и нажмем кнопку **ОК**.

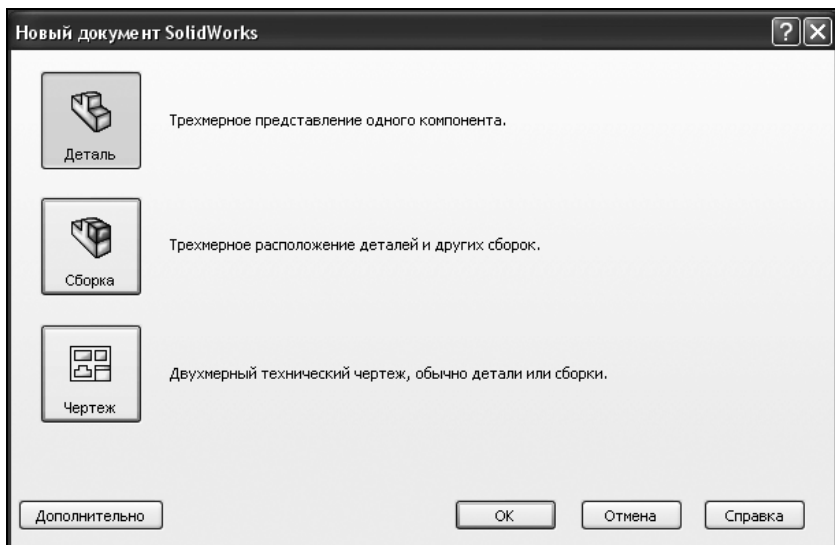




Рис. 1.1

Теперь вы видите перед собой пользовательский интерфейс SolidWorks 2009, находящийся в режиме **Эскиз** (рис. 1.2). Программа написана в соответствии со стандартами Windows, поэтому все элементы интерфейса расположены на привычных местах. В верхней части находится строка меню, из которого вызываются команды программы. Чтобы вызвать меню, необходимо навести курсор мыши на надпись . Например, в меню **Файл** сгруппированы такие команды, как **Создать**, **Открыть**, **Заккрыть**, **Сохранить** и др., т. е. работающие с файлами. Меню **Правка** позволяет вырезать, копировать, вставлять и удалять элементы построения, а также отменять введенные команды.

Меню **Вид** объединяет команды, задающие ориентацию модели и вида проектируемой детали или сборки. Меню **Вставка** предназначено для добавления различных элементов построения. Когда меню неактивно, его замещает меню часто употребляемых команд. Через меню  (**Помощь**) можно получить доступ к обширной электронной справочной системе, с помощью которой опытный пользователь SolidWorks 2009 может быстро освежить в памяти подзабывшиеся команды.

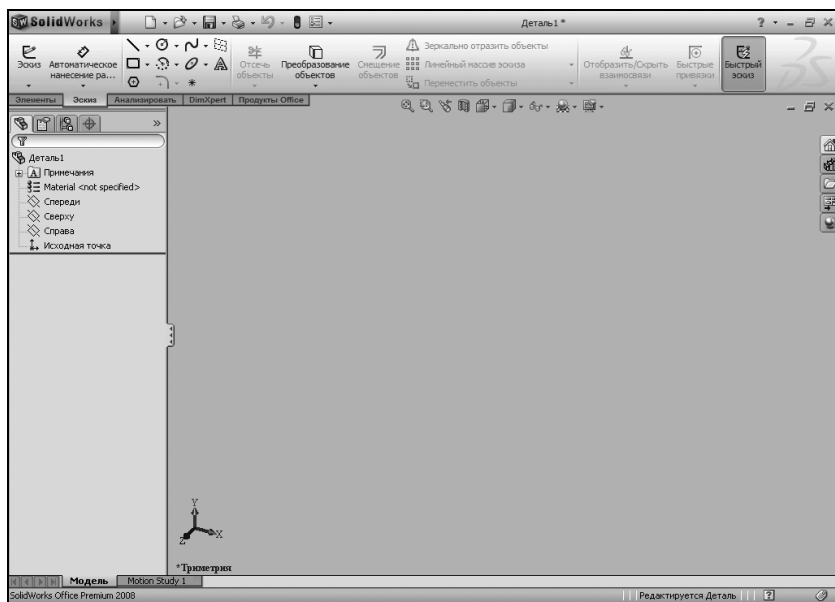


Рис. 1.2

Чуть ниже строки меню располагаются значки, которые предназначены для быстрого вызова команд, т. е. они дублируют команды, расположенные в меню.

Все значки собраны в инструментальные панели, которые, в свою очередь, также можно настраивать — отключать, перемещать на экране и т. д.

Для того чтобы изменить настройки панели инструментов, необходимо выбрать команду **Инструменты | Настройка** и на вклад-

ке **Панели инструментов** установить или убрать соответствующие флажки (рис. 1.3). Кроме того, в этом окне можно включить или отключить **CommandManager**, в котором располагаются панели инструментов. Отключение **CommandManager** приводит к увеличению графической области построений. В этом же окне можно снять флажок с параметра **Использовать большие кнопки с текстом**, что также приведет к увеличению области построений.

Если перейти на вкладку **Команды**, можно добавить или убрать отдельные значки на панель инструментов. Все значки разбиты по категориям для удобства их систематизации и выбора (рис. 1.4).

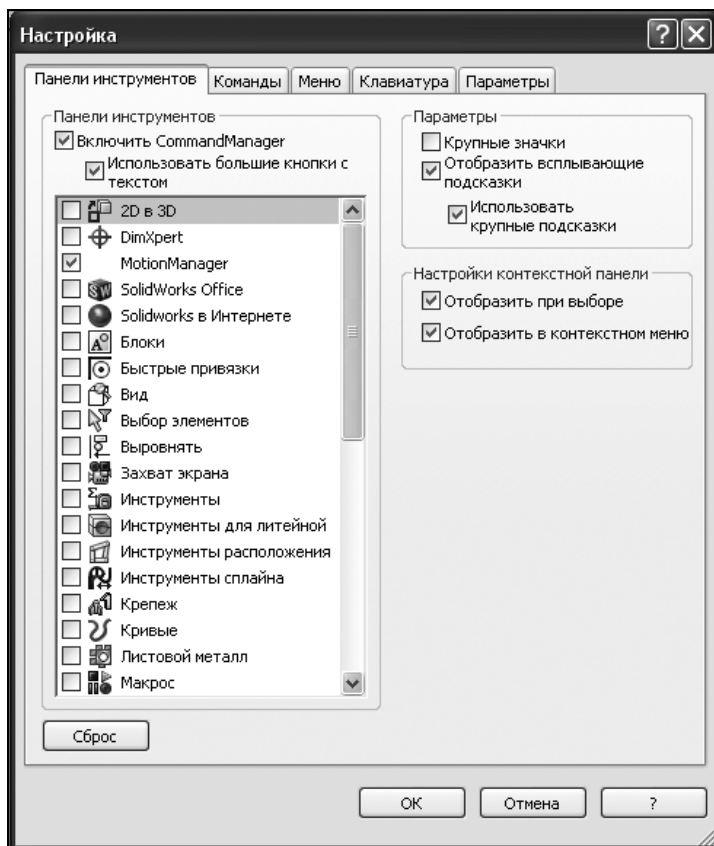


Рис. 1.3

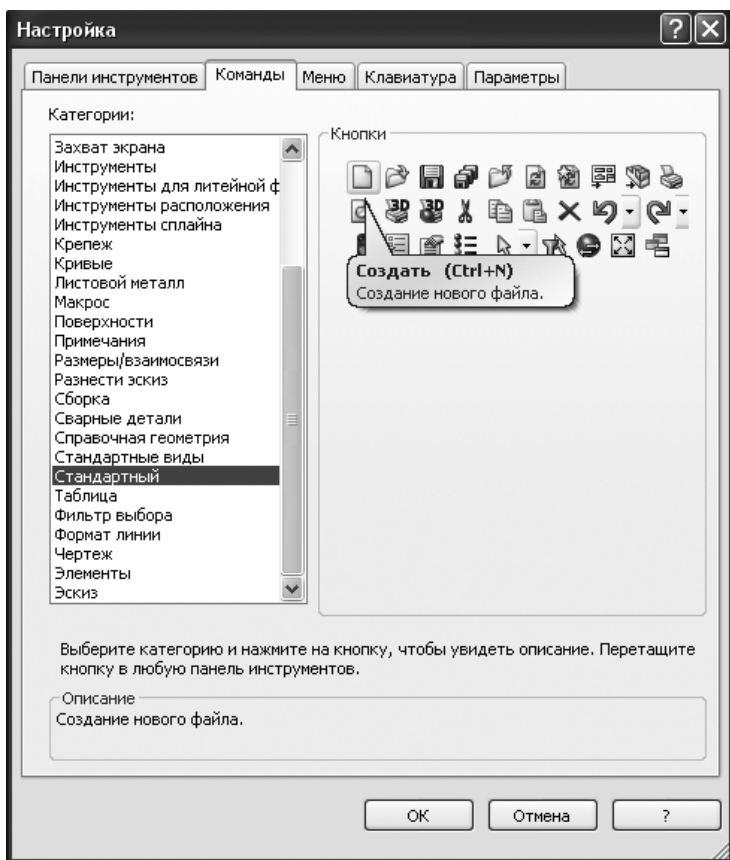



Рис. 1.4

Чтобы добавить значок на панель инструментов, необходимо найти его в соответствующей категории (для новичков внизу есть краткое описание команды в разделе **Описание**), а затем, наведя указатель мыши, нажать левую кнопку и, удерживая ее, перетащить значок в удобное для работы место на панели и отпустить кнопку. Добавленный значок отобразится на экране.

Чтобы удалить значок, необходимо "схватить" значок мышью в окне программы и перетащить его в окно настроек. После того как кнопка мыши будет отпущена, значок исчезнет с экрана.

После всех манипуляций со значками нажмите кнопку **ОК**.

По умолчанию в левой части экрана расположено **Дерево Конструирования**  (рис. 1.5), в котором будут отображаться все наши построения. Мы только начали создавать модель, поэтому **Дерево Конструирования** пусто, и имеются только исходные плоскости **Спереди**, **Сверху** и **Справа**, на которых можно начинать построение эскизов, и точка **Начало координат**.

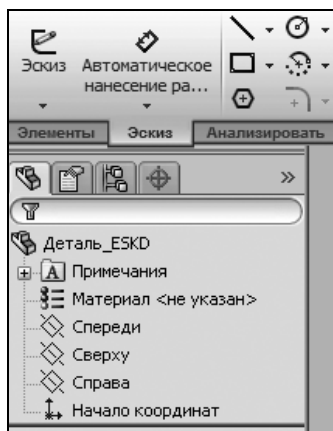


Рис. 1.5

Инструментальная панель **Элементы** (рис. 1.5), служащая для создания твердотельной модели, находится в верхней части экрана. В данный момент она недоступна, т. к. мы находимся в режиме рисования эскизов.

Для того чтобы перейти в режим рисования эскиза, щелкните левой кнопкой мыши на плоскости **Спереди** в **Дерево Конструирования** и на кнопке



— **Эскиз**. Тут же инструментальная панель **Элементы** заменится инструментальной панелью **Эскиз**, которая в данный момент становится активной. Инструментальная панель **Эскиз** включает в себя основные кнопки, требующиеся для создания эскизов, которые описаны в табл. 1.1.