

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ MCAD

3.1. Общая классификация

За почти 30-летнюю историю существования САПР сложилась почти общепринятая их классификация, приведенная на (рис. 3.1).

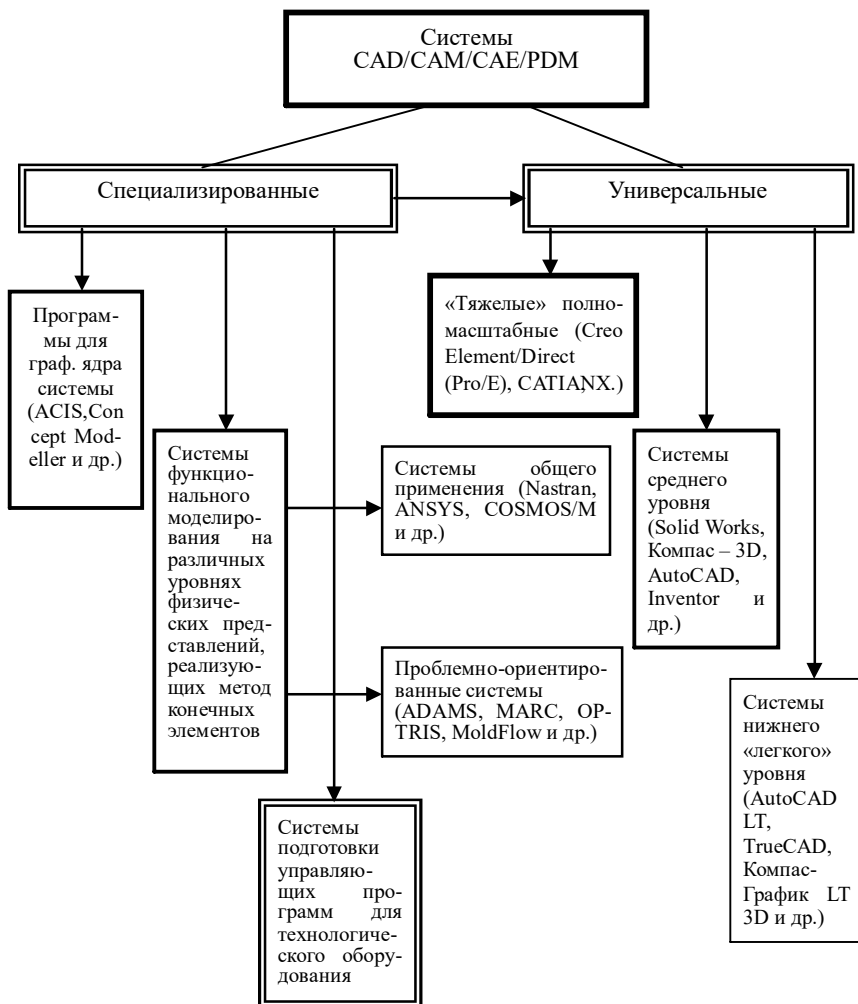


Рис. 3.1. Классификация систем автоматизированного проектирования

Системы автоматизированного проектирования можно разделить на две группы: специализированные и универсальные. В свою очередь, специализированные системы можно рассматривать как программы для ядра системы, программы для функционального моделирования на различных уровнях физических представлений с использованием метода конечных элементов и системы подготовки управляющих программ для технологического оборудования.

Универсальные системы делятся на три уровня: «тяжелые», или полномасштабные, средние и «легкие», или нижнего уровня. Естественно, такое деление является весьма условным, а в последнее время наблюдается сближение разноуровневых систем. Так, системы среднего уровня (по различным параметрам) приближаются к полномасштабным («тяжелым»), а системы нижнего уровня все чаще перестают быть просто двумерными чертежно-ориентированными и становятся трехмерными.

Среди полномасштабных систем лидирующее положение занимают Creo Element, Creo Direct (в прошлом Pro/Engineer) (Parametric Technology Corporation), CATIA (IBM/Dassault Systems), I-DEAS (Structural Dynamics Research Corporation), NX (в прошлом UNIGRAPHICS (UGS)). Все они имеют в своем составе программы инженерного анализа (CAE) и PDM.

Системы среднего уровня можно поделить на две категории: на основе ядра ACIS и на основе ядра Parasolid.

К первой из них относятся: AutoCAD, Mechanical Desktop и Autodesk Inventor (Autodesk Inc.), CADdy++ Mechanical Design (Ziegler Information GmbH), ADEM (Omega Technology), Cimatron (Cimatron Ltd.), Mastercam (CNC Software Inc.), Powermill (DEL-CAM), Bravo (Unigraphics Solution), IronCad (VDS) и др.

Ко второй категории относятся: SolidWorks (SolidWorks Corp.), Solid Edge и Unigraphics Modeling (Unigraphics Solutions), MicroStation Modeler (Bentley Systems Inc.); CADKEY 99 (CAD-KEY Corp.), Pro/Desktop (Parametric Technology Corp.) и др.

Среди отечественных разработок к системам среднего уровня подтягиваются T-FLEX CAD (АО «Топ – системы»), Компас-3D (АО «Аскон»), BCAD (ProPro Group).

К системам нижнего уровня можно отнести AutoCAD LT, TrueCAD, Medusa, Базис и др.

3.2. Полномасштабные («тяжелые») системы PLM

Как уже отмечалось, среди полномасштабных систем лидирующее положение занимают Creo Element/Direct или Pro/Engineer (Parametric Technology Corporation), NX или Unigraphics (Unigraphics Solutions), CATIA (IBM/Dassault Systems), I-DEAS (Structural Dynamics Research Corporation). Все они имеют в своем составе программы инженерного анализа (CAE) и PDM.



Рис. 3.2

Creo Element, Creo Direct (в прошлом Pro/Engineer) – система высокого уровня, САПР для единого цикла проектирование–производство (рис. 3.2). Программный комплекс Creo (Pro/Engineer) охватывает весь цикл "конструирование – производство" в машиностроении. Во всем мире более 16000 компаний используют программные продукты фирмы PTC для сокращения длительности сквозных проектно-производственных циклов, оптимизации инженерных процессов и улучшения качества продукции (рис. 3.3).



Рис. 3.3

Основная стратегия, применяемая ведущими компаниями, – параллельная разработка изделия. Creo (Pro/Engineer) как среда разработки обладает этой возможностью в полной мере. Многочисленный набор программных решений позволяет выбрать необходимую конфигурацию каждого рабочего места в соответствии с его функциональностью. Сюда включаются промышленный дизайн, проектирование механических конструкций, в том числе управление большими сборками, имитация функциональности изделия, изготовления и управления инженерными данными. На сегодняшний день решения Creo (Pro/Engineer) обеспечивают наиболее всестороннюю, интегрированную среду разработки продукта с общепринятыми свойствами, характерными для САПР высокого уровня. К этим свойствам относятся следующие.

Полная ассоциативность. Все программные решения в Creo (Pro/Engineer) полностью ассоциативны. Это означает, что изменение, внесенное в любой момент разработки, переносится на все этапы проектирования, автоматически обновляя все инженерные решения, включая сборки, чертежи и данные для изготовления. Ассоциативность делает возможной параллельную разработку, поддерживая внесение изменений, без риска, в любой момент проектирования, и обеспечивает таким образом возможность использования инженерных знаний и опыта на ранних этапах разработки.

Объектно-ориентированное параметрическое моделирование. Решения в Creo (Pro/Engineer) используют "конструктивно-технологические элементы" (фичеры) в качестве составляющих элементов геометрической модели продукта. Фичеры представляют собой конкретные одиночные или составные конструктивные геометрические объекты, которые содержат информацию о своем составе и могут быть легко изменяемы. К таким конструктивным элементам относятся фаски, ребра, радиусы скругления, оболочки и т.д. Сборка, проектирование технологической оснастки, изготовление и другие инженерные дисциплины используют фичеры, соответствующие только этим областям. При проектировании продукта фичерам присваиваются определенные параметры (содержащие как геометрическую, так и негеометрическую информацию), модифицируя которые, можно легко исследовать различные варианты проекта.

Управление инженерными данными. Для быстрого выхода продукта на рынок требуется сократить времена проектирова-

ния. Чтобы достигнуть этого, работа над продуктом должна осуществляться одновременно несколькими инженерными командами параллельно. Решения для управления данными в Creo (Pro/Engineer) были специально разработаны для управления проектами, требующими одновременного доступа, характерного для параллельной разработки, что обеспечивается благодаря полной ассоциативности Creo (Pro/Engineer) (рис. 3.4).

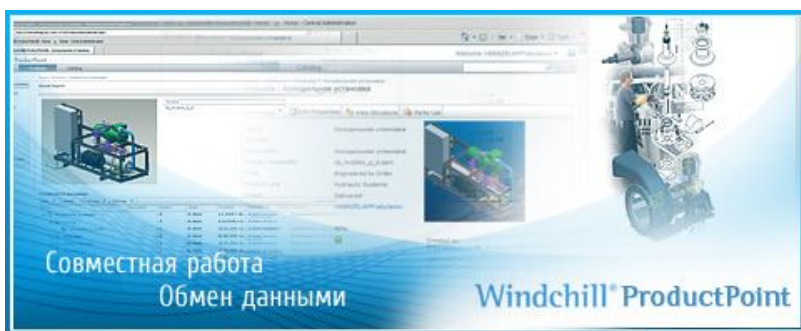


Рис. 3.4

Управление сборкой. Основная архитектура Creo (Pro/Engineer) позволяет легко осуществлять сборку компонентов и создавать проектируемую конструкцию с помощью таких интуитивно понятных команд, как "совместить", "вставить" и "ориентировать". Улучшенные функциональные возможности поддерживают создание и управление большими, сложными сборками, содержащими неограниченное число компонентов.

Повторное использование инженерных данных. На сегодняшний день компании демонстрируют огромный рост производительности и уменьшение стоимости продукта, используя стандартные и типовые решения как основу для разработки новых продуктов. Этот подход, известный как «повторное использование инженерных данных» (Engineering Data Reuse – EDR), позволяет быстро создавать целые семейства изделий. Архитектура, лежащая в основе Creo (Pro/Engineer), позволяет легко использовать метод EDR. Эффективность первоначальных инвестиций в проектирование увеличивается с каждым новым поколением продуктов.

Простота использования. Система выпадающих меню организована интуитивно понятным способом и обеспечивает логиче-

ский выбор и предустановку большинства наиболее часто используемых опций. В любой момент доступна полная информация по выполняемой команде и короткая подсказка в окне сообщений. Это делает Creo (Pro/Engineer) простой для понимания и использования.

Независимость от платформы. Creo (Pro/Engineer) функционирует на всех платформах, работающих под управлением UNIX™, Windows® NT и Windows® XP, 7, 8, обеспечивая одинаковый интерфейс и функциональные возможности. Пользователи могут выбирать наиболее экономичную конфигурацию платформы для своих нужд и сочетать любые комбинации платформ. Creo (Pro/Engineer) позволяет легко обмениваться информацией между платформами с любой архитектурой.

Unigraphics (NX) (Siemens PLM Software) (рис. 3.5) является CAD/CAM/CAE/PDM системой высокого уровня. Она позволяет осуществлять полностью виртуальное проектирование изделий,



Рис. 3.5

механообработку деталей сложных форм, имеет полностью ассоциативную базу данных мастер-модели. Siemens PLM Software, одна из самых быстроразвивающихся компаний, занимается разработкой, продажей и технической поддержкой программного обеспечения для автоматизации проектирования, производства, инженерного анализа и управления проектами для всех областей промышленности, включая автомобилестроение, авиационную и космическую промышленности, станкостроение, производство товаров народного потребления и т.п.

Система Unigraphics в своем сегодняшнем виде достаточно молода. С 1993 г. Unigraphics строится на ядре Parasolid, которое в значительной степени определило сегодняшний отрыв системы от основных конкурентов. Это ядро реализует совершенно новые принципы геометрического моделирования, структуры сборок, обеспечивая гибкую параметризацию и полную ассоциативность. Постепенно Parasolid фактически становится стандартом CAD/CAE/CAM-систем.

Система NX имеет единую внутреннюю базу данных для всех приложений системы, которая построена на принципе мастер-модели, обеспечивающей надежный систематизированный подход к созданию и проверке геометрии изделия и связанных с ней процессов. Это позволяет легко манипулировать большими сборками в среде параллельного инжиниринга. Внутри системы существует единая среда хранения данных и нет абсолютно никаких конверторов, поэтому все данные ассоциативны через все приложения системы.

NX имеет твердотельный моделлер с встроенной гибкой параметризацией и глубокой ассоциативностью. Все модели, создаваемые в NX, являются автоматически параметризованными и в любой момент доступными для различного вида модификаций. Причем параметризация, не жестко привязанная к порядку построения геометрии (как, например в системе Pro/Engineer), а гибкая, не заставляющая конструктора много раз переделывать геометрию в процессе моделирования и модификации, позволяющая в любой момент времени переопределять и перепривязывать связи, изменять порядок создания элементов в уже построенной модели. При этом средства создания жестко параметризованной геометрии также присутствуют в полной мере, и в некоторых случаях это целесообразно. В системе не существует каких-либо внутрисистемных ограничений для конструктора. Например, отсутствуют различия между объемным и листовым телом, поэтому с гранью твердого тела можно делать то же самое, что с поверхностью, а над листовыми телами (поверхностями) производить булевы операции, так что различие обуславливается только физическим смыслом.

NX – хорошо сбалансированная система. Она содержит все средства инженерного анализа, присущие универсальным системам. Программное обеспечение NX для работы на станках с ЧПУ обеспечивает функциональность на уровне, недоступном для дру-

гих систем. Позиции NX/CAM являются мировым стандартом для всех других производителей NC-программ. Система содержит специализированные технологические приложения, функционирующие в единой базе данных NX, а значит, поддерживающие ассоциативность и целостность данных.

Однако главным преимуществом системы NX является возможность в наибольшей степени, по сравнению с любой другой системой, создавать полное цифровое представление сложных многокомпонентных изделий и организовывать параллельное проектирование. Поскольку в процессе проектирования постоянно приходится вводить изменения, необходимо, чтобы система позволяла осуществлять их на всем дереве создаваемой цифровой модели многокомпонентного изделия. Для решения такой сложной задачи недостаточно только наличия параметризации. Для этого в NX существует инженерная технология WAVE (What if Alternative Value Engineering), предназначенная для целевого управления глобальными модификациями, проводимыми в больших сборках сложных изделий. WAVE позволяет создавать любые ассоциативные структуры, осуществлять анализ ассоциативных связей и управлять их статусом, проводить оптимизации на концептуальной упрощенной электронной модели изделия и управляемую трансляцию изменений на детальную электронную модель сколь угодно сложного изделия. Сочетание гибкой параметризации, структуры организации сборок и технологии WAVE позволяет реализовать даже на уровне CAD/CAE/CAM-системы процесс проектирования в параллельном режиме с созданием единой виртуальной цифровой модели. Используя создаваемую с помощью WAVE ассоциативную структуру в NX, можно даже реализовать процесс утверждения, после которого утвержденная модель попадает в виртуальную цифровую модель общего доступа. Это уникальное качество позволяет строить взаимодействие NX с PDM-системой на более высоком уровне.

Особенно глубокая интеграция UG реализована с PDM-системой iMAN, (также продуктом компании Unigraphics Solutions) – полнофункциональной и легко настраиваемой системой, позволяющей управлять всеми знаниями об изделии и процедурами как на стадии проектирования и производства, так и на стадии эксплуатации и утилизации. Графические интерфейсы в iMAN ис-

пользуют современные решения web-технологий. Система iMAN реально работает на российских предприятиях.

CATIA (рис. 3.6). Является полномасштабной системой CAD/CAM/CAE/PDM «тяжелого» класса. В современную версию CATIA V6R2013X внесено множество усовершенствований в области системного и многодисциплинарного проектирования.



Рис. 3.6

Современная рабочая и часто используемая версия CATIA V5 изначально создавалась как продукт для разных ниш рынка CAD/CAM/CAE/PDM. CATIA V5 сегодня имеет три платформы: P1, P2 и P3. Платформа P1 – решения для рынка средних САПР. Под этим названием скрываются различные комплектации CATIA V5. Комплектация в данном случае подразумевает набор различных модулей для определенных задач.

CATIA V5R9 впервые включила в себя уникальную технологию «трансформации изделия». Это набор самых совершенных технологий, использующих базу знаний, реляционный дизайн и инфраструктуру для объединения существующих при проектировании условий, параметров и/или шаблонов с требуемыми спецификациями с целью синтеза новых параметров изделия. Максимально используя существующие знания и опыт проектирования, трансформация позволяет уменьшить время проектирования и подготовки производства.

Процессы, основанные на трансформации изделия, устраняют избыточность проектирования, производя на свет изделие, базирующееся на предыдущих знаниях, но уже соответствующее новым спецификациям. С учётом того, что базы знаний сразу же были составной частью V5 и уже использовались, V5 R9 предлагает новый подход, которые делают возможной трансформацию изделия и существенно повышает эффективность проектирования изделий и моделирования инженерных процессов.

CATIA V5 R9 состоит из 129 программных модулей, из них 11 принципиально новых и 87 – с улучшенными характеристиками. Заслуживают внимания целый ряд модулей, связанных с концептуальным проектированием и особенно геометрической ее части:

- конфигурация CATIA механического проектирования 1 (Mechanical Design 1 – MD1). Содержит все инструменты, необходимые для выполнения трехмерного проектирования деталей, сборок и получения производственных чертежей. Кроме того, включает интегрированные возможности фотореалистической визуализации и поддерживает обмен данными с использованием распространенных промышленных стандартов;

- конфигурация CATIA механического проектирования и инженерного анализа (Mechanical Engineering1 configuration – ME1). Содержит все инструменты, необходимые для выполнения трехмерного конструирования деталей, сборок и получения производственных чертежей. За счет наличия интуитивно понятных функций оценочных прочностных расчетов инструменты предварительной проверки деталей доступны конструкторам на всех этапах проектирования. Кроме того, в конфигурацию ME1 включены интегрированные возможности рендеринга в реальном времени. Конфигурация поддерживает обмен данными с использованием распространенных промышленных стандартов;

- модуль CATIA анализа геометрических конфликтов (DMU Space Analysis 1 – SP1). Служит для обнаружения препятствий, секционного анализа и сравнения трехмерной геометрии для верификации цифрового макета. Рассчитывает информацию о пересечениях (наложениях), зазорах и соприкосновениях между деталями и позволяет пользователям подробно просмотреть такие конфликты. Окно просмотра разрезов дает возможность легко анализировать и выделять области геометрических конфликтов. Можно также сравнивать трехмерную геометрию и визуализировать результаты сравнения в специализированном окне просмотра. С помощью модуля можно проверять (верифицировать) проекты. Он предназначен для всех сотрудников, занятых работой с цифровым макетом, и может использоваться на всех этапах срока службы изделия, от проектирования до технического обслуживания. Модуль способен работать со всеми цифровыми макетами (от сборок потребительских товаров до макетов очень большого размера)

в разных отраслях промышленности (автомобильной, аэрокосмической, судостроении, тяжелом машиностроении и др.);

□ модуль CATIA «Навигатор макета» (DMU Navigator 1 – DN1). Осуществляет совместный просмотр электронного цифрового макета DMU с помощью мощных средств визуализации, навигации и обмена данными. Наличие большого количества инструментов (поддержка выделений, гиперссылок и анимации, средства публикации и проведения конференций) упрощает взаимодействие всех членов группы, занятых просмотром цифрового макета. Производительность труда пользователя повышается благодаря возможности автоматизировать команды работы с файлами визуализации для быстрой загрузки данных. Естественная интеграция с другими модулями электронного цифрового макета обеспечивает как полный просмотр макета, так и эмуляцию. С модулем могут работать все сотрудники, имеющие дело с цифровым макетом. Модуль DN1 может работать с цифровыми макетами любого размера в разных отраслях промышленности;

□ модуль CATIA проектирования сборок (Assembly Design 1 – AS1). Помогает проектировщикам определять большие иерархические сборки и работать с ними, используя подход «сверху вниз» или «снизу вверх». Части сборки можно легко устанавливать на место с помощью мыши или графических команд. Механические ограничения позволяют отрегулировать положение деталей сборки и установить контакты между ними. Детали можно повторно использовать в этой или в другой сборке, при этом нет необходимости дублировать данные. Автоматическое создание трехмерных покомпонентных изображений упрощает понимание всего полного макета, в то время как функции анализа обнаруживают конфликты деталей и ограничения на зазоры. Автоматическое создание списков стоимости материалов обеспечивает полный учет всех деталей независимо от сложности проекта;

□ модуль CATIA проектирования деталей (Part Design 1 – PD1). Содержит мощные инструменты для проектирования трехмерных механических деталей, ассоциативные функции, основанные на элементах, и средство динамического построения эскизов. Позволяет добавлять спецификации к создаваемым проектам как в процессе работы, так и после завершения проектирования. Древо-

видная структура графически представляет организацию иерархии элементов, что позволяет отчетливо увидеть, как влияют на проект вносимые в него изменения. В процессе изменения проекта пользователи могут выделять, копировать и добавлять целые группы элементов;

- модуль CATIA каркаса и поверхностей (Wireframe & Surface 1 – WS1). Дополняет модуль проектирования деталей CATIA (PD1) средствами создания каркасных конструктивных элементов на этапе предварительного проектирования и позволяет обогатить имеющиеся проекты трехмерных механических деталей каркасными элементами и основными элементами поверхностей. Основанный на применении элементов подход модуля WS1 создает производительную и интуитивно понятную среду проектирования, в которой можно накапливать и заново использовать методы и спецификации проектирования;

- модуль CATIA трехмерных функциональных допусков и аннотаций (3D Functional Tolerancing & Annotation 1 – FT1).

Подход, предложенный фирмой Dassault Systemes, дает единую идеологию построения системы, основанной на принципиально новом ядре с условным названием C-NEXT, структуре базы данных, единым интерфейсе пользователя на всех уровнях системы. При этом CATIA V5P1 обладает теми возможностями, которые только сейчас начинают появляться в традиционных системах. Например, удобство перехода от эскиза к пространственной модели. Пользователю легко переходить с платформы P1 на P2. Кроме того, для получения сквозного решения CAD/CAM платформа P1 интегрируется с модулями ЧПУ, которые сегодня структурно входят в платформу P2. Это обеспечивает полную интеграцию конструкторской и технологической информации.

Следует обратить внимание на то, что, в дополнение к платформам UNIX и Windows NT, CATIA V5P1 поддерживает и платформу Windows XP, 7, 8 с более мягкими требованиями к вычислительным средствам.

Следует отметить, что к этой группе систем относится и ряд других программных комплексов, нашедших свое место в практике использования, но не получивших широкого распространения.

3.3. Система среднего уровня AutoCAD (ядро ACIS)

Количество этих систем огромно, их функциональные возможности различны, отличаются они и в пользовательском аспекте, в стоимости и сопровождении. Среди систем ядра ACIS старейшей и лидирующей является система AutoCAD (Autodesk Inc.), а также более поздние ее разработки: AutoCAD 2014, Autocad 360, Mechanical Desktop, Autodesk Inventor и ряд других.

AutoCAD 2014 (рис. 3.7) – современное Windows-приложение – мощный фундамент САПР, дающий новую технологию и усовершенствованный функциональный набор.

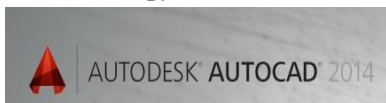


Рис. 3.7

Развитие функциональных возможностей AutoCAD можно разделить на следующие направления.

Эффективная рабочая среда. При помощи новых чрезвычайно доступных инструментов и интерфейса (рис. 3.8), специально разработанного для повышения производительности, AutoCAD позволяет проектировщикам концентрироваться в большей степени на проектах и в меньшей степени уделять время вводу параметров с клавиатуры.

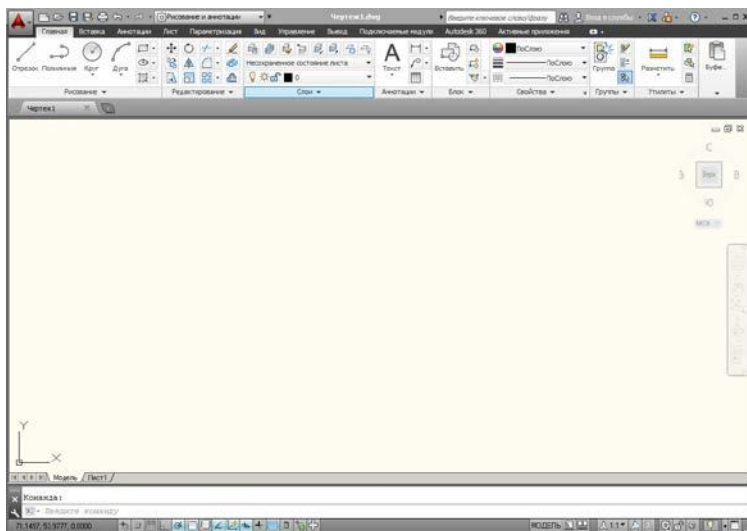


Рис. 3.8

AutoCAD 2014 является самой высокопроизводительной версией AutoCAD за всю его историю. Такие функции, как многозадачная среда проектирования Multiple Design Environment, центр управления AutoCAD DesignCenter, поддержка Intellimouse и множество других, поддерживают естественную и интуитивную рабочую среду.

Усовершенствованный доступ и удобство. AutoCAD обеспечивает улучшенный доступ к данным, а также коренные улучшения в удобстве использования программы. Оба эти преимущества делают программное обеспечение более прозрачным на протяжении всего цикла проектирования. Контекстные меню предоставляют немедленный доступ к наиболее часто используемым командам. Другие функции созданы для повышения удобства повседневного использования САПР.

Эффективный вывод на печать. AutoCAD предлагает целый ряд усовершенствований, который повышают эффективность вывода на печать. Пользователи получают большую гибкость при работе с финальным представлением чертежа при помощи управления раскладкой листа и стилями вывода на печать. Они могут даже напрямую публиковать чертежи AutoCAD на узлах web в качестве электронных распечаток (eplot) в формате DWF.

Удаленный доступ. В целях быстрого и эффективного обмена проектной информацией при помощи AutoCAD можно получать доступ к чертежам и ассоциированным данным на жестком диске, в сети или на web. Можно привязывать объекты к другим web-серверам, и распечатывать электронные файлы, подключать базы данных к чертежам, а также выполнять запросы, просматривать и редактировать ассоциированные данные.

Лучшие возможности адаптации. Теперь у пользователя есть больше возможностей для адаптации, начиная от меню и панелей инструментов до использования разумных объектов проектирования. ObjectARX, VBA и новый VisualLISP позволяют клиентам адаптировать AutoCAD к потребностям их компаний или к их личному стилю работы.

К новым возможностям пакета AutoCAD относится:

Многозадачная среда проектирования Multiple Design Environment (MDE). Другими словами, это многооконный интерфейс, соответствующий стандартам Windows и предоставляющий интеллектуальную среду, которая повышает производительность и

облегчает работу с программой. При помощи MDE можно перемещаться между чертежами без прерывания команды, интегрировать ранее наработанную проектную информацию в текущие разработки и осуществлять следующие функции:

- одновременное открытие нескольких чертежей. AutoCAD позволяет открывать множество файлов при поддержке стандартных функций Windows (drag&drop, выбор с Shift'ом или Ctrl'ом) чертежей в одном сеансе работы AutoCAD;

- перенос и копирование объектов. Копирование или перенос объектов внутри или между чертежами осуществляется простым перетаскиванием их мышью по принципу drag&drop. Перенос чертежа или файла нажатием правой кнопки мыши из Windows Explorer дает возможность открыть, вставить, присоединить внешнюю ссылку XREF, копировать объект OLE или создать гиперссылку;

- поддержка копирования свойств. При помощи простого щелчка мыши можно копировать свойства объектов: цвет, слой, тип линии, масштаб типа линии и другие из одного чертежа в другой;

- вырезать/Копировать/Вставить. Эта функция позволяет копировать объекты внутри чертежа или из одного чертежа в другой через clipboard внутри одного сеанса работы AutoCAD. Кроме того, есть возможности задания базовой точки при вставке, либо вставки в исходные координаты;

- переключение между чертежами без прерывания текущей команды.

Центр управления AutoCAD DesignCenter (ADC), похожий на Windows Explorer, предоставляет более интуитивный и эффективный диалоговый интерфейс для работы с элементами чертежа. При помощи ADC можно просматривать и копировать данные из любого чертежа, открытого в настоящий момент или нет. Можно пролистывать содержимое чертежа: блоки, определения слоев, раскладки листа и внешние ссылки из множества источников, вставляя эти данные в текущий чертеж. Если блок и целевой чертеж имеют присвоенные единицы измерения, то блок автоматически масштабируется в соответствии с единицами измерения чертежа. Центр управления AutoCAD DesignCenter также предоставляет мощный инструмент поиска, позволяющий отыскивать чертежи, используя информацию о содержимом чертежа: названия

слоев или блоков, краткую информацию о чертеже или дату выполнения. Для часто используемых чертежей и директорий ADC предоставляет закладку Favorites, давая прямой доступ к наиболее часто используемым проектным данным.

AutoCAD DesignCenter может быть также использован как «виртуальная палитра» любым приложением ObjectARX, которому необходимо представлять объект для использования внутри чертежа.

В AutoCAD введено диалоговое окно, которое облегчает просмотр и редактирование любых объектных свойств. Единое диалоговое окно с двумя колонками информации заменило собой около 40 различных диалогов и команд. Оно объединяет функциональные возможности таких команд, как DDMODIFY DDEDIT, DDCHPROP и других, начинающихся с DD..., и добавляет множество других специфических команд редактирования:

- редактирование по типу. Эта функция диалогового окна фильтрует наборы выбранных объектов по типу объекта, таким образом, давая возможность модифицировать свойства для каждого объекта;

- редактирование при отсутствии выбора объектов. Когда нет текущего набора выбранных объектов, то показывается текущее состояние таких свойств чертежа, как гиперссылки, стиль вывода на печать, ПСК и данные о видовых экранах, параметры по умолчанию. При этом они доступны для редактирования;

- закладки диалогового окна. Закладки диалогового окна позволяют увидеть свойства объектов по категориям (например, общие свойства, геометрия и т.д.) или в алфавитном порядке;

- динамическое обновление. Свойства обновляются динамически на экране при выборе другого набора объектов.

При помощи еще одной функции – функции быстрого выбора – Quick Select – можно легко отфильтровать наборы выбранных объектов в диалоговом окне свойств объектов по заданному набору свойств объектов (тип объекта, слой, цвет линии и т.п.).

Автоматическая привязка и автотрассировка. Новые средства построений, которые значительно ускоряют ввод точных координат по отношению к другим объектам чертежа с использованием таких зависимостей как параллельность, перпендикулярность, смещение под определенным углом и т.п.

Частичная загрузка файла При работе с большими чертежами работа существенно замедляется. Для ускорения на стадии загрузки можно выбирать загружаемые слои и виды. При необходимости в процессе работы можно подгружать любые другие виды или слои во всей области чертежа или только на выбранном участке.

3D-Orbit и функции твердотельного моделирования . Новые средства для работы в трехмерном пространстве, построенные на основе нового математического ядра ACIS 4.0, позволяют создавать такие модели, о которых раньше можно было только мечтать: создание оболочек редактирование ребер, граней и тел (подобие, копирование, поворот, смещение, удаление, изменение цвета и т.д.). Задание пользовательской системы координат для каждого видового экрана и одновременная работа сразу на нескольких рабочих плоскостях. Средство навигации в трехмерном пространстве 3D-Orbit позволяет вращать каркасные и полутонные объекты, динамически изменяя режим закраски, проекцию и т.п.

Толщины линий. В AutoCAD введен новый атрибут объектов – весовой показатель толщины линии *lineweight*, который может быть присвоен слоям и объектам чертежа. Толщина линии задается из стандартного ряда толщин перьев. Толщины линий можно реально увидеть как на печати, так и на дисплее. Таким образом, вывод на печать теперь полностью соответствует стандарту WYSIWYG.

Видовые экраны. В AutoCAD видовые экраны могут быть заданы любой замкнутой формой. Эта функция делает более эффективным использование пространства чертежа с точки зрения презентационных возможностей и соблюдения стандартов оформления чертежа. Новая панель инструментов для управления видовыми экранами позволяет пользователям присваивать видовым экранам стандартные коэффициенты масштабирования: 1:1, 1:5, 1:100, а также дает возможность задавать произвольный масштаб. После задания масштаба для видового экрана можно заблокировать этот масштабный коэффициент, запрещая операции масштабирования изображения в данном экране. Кроме того, с использованием диалоговое окно управления видовыми экранами можно задать раскладку видовых экранов стандартных прямоугольных проекций.

Прямой доступ через браузер . Пользователи AutoCAD теперь могут использовать Интернет как средство хранения и доступа к

ассоциированным с AutoCAD данным, включая первичные чертежи и связанные с ними файлы (DWG и DXF), а также файлы в форматах DWF, LSP, SCR, MNU, и ARX. AutoCAD включает несколько новых инструментов работы с Интернетом, упрощающих процесс извлечения и доступа к файлам. Диалоговые окна файлового ввода-вывода в AutoCAD 0 дают прямой доступ к сети. AutoCAD распознает указатели ресурсов URL в операциях файлового ввода-вывода. Кроме того, AutoCAD дает возможность задания внешних ссылок по адресам URL.

Объектные гиперссылки. При помощи новой функции Hyperlinks, пользователи могут подключать гиперссылки к объектам AutoCAD, а затем последовательно передавать эту связь любому файлу DWG, файлу документа в Windows, адресу URL, и т.п. Диалоговое окно вставки гиперссылок и новая панель инструментов для работы с Web обладают мощными функциями, просты в использовании и согласуются с другими офисными приложениями. Характерный курсор дает динамический отклик при попадании в чертеже на объект с гиперссылками. Подобно кнопкам навигации в браузере «Вперед» и «Назад», похожие кнопки на панели инструментов для работы с Web позволяют перемещаться между web-серверами, документами Word, электронными таблицами Excel, чертежами AutoCAD и другими файлами.

ePlot – электронная печать файлов DWF . Электронная печать – ePlot – дает пользователям необходимые точность и функциональность для публикации чертежей в защищенном, нейтральном и компактном формате DWF (Drawing Web Format).

Интерфейс вывода на печать AutoCAD используется для создания файлов DWF, так что по-прежнему контролируются размер листа, отступы, толщина линий, и другие атрибуты. Сохраненные параметры печати могут быть использованы в электронном выводе ePlot в формат DWF, гарантируя единообразие между файлами DWF и бумажными распечатками. Гиперссылки к объектам AutoCAD также публикуются при выводе в формат DWF. Возможна пересылка чертежей по электронной почте клиентам и другим членам проектной группы. Функция ePlot создает механизм обмена файлами чертежей в стиле WYSIWYG, защищая исходный формат данных.

Интерфейс работы с базами данных . Функция dbConnect в AutoCAD дает доступ к мощным и гибким функциональным воз-

возможностям баз данных из среды AutoCAD. Менеджер dbConnect Manager используется для администрирования и организации взаимосвязи с базами данных пользователей. Функция dbConnect не только способна поддерживать множество связей с различными базами данных, но также элегантно управляет их связями с несколькими одновременно открытыми файлами чертежей.

Из диалогового окна dbConnect Manager пользователи могут просматривать табличные представления баз данных и результаты запросов при помощи диалога просмотра данных Data View.

Data View также предоставляет мощные инструменты для создания связей объектов с записями базы данных. Опции привязки меток Attach Label и Attach Freestanding Label не только связывают объекты с записями в базах данных, но также показывают, какие из этих записей ссылаются на объекты в чертеже. Одной из наиболее сильных характеристик любой БД является возможность отрабатывать запросы и выводить результаты в приемлемом формате. Редактор dbConnect's Query Editor дает пользователям всех уровней несколько удобных вариантов построения и отработки запросов изнутри AutoCAD, а также показа результатов в диалоговом окне Data View.

Важной частью пакета является Visual LISP. Он поддерживает высочайшую совместимость с оригинальным языком AutoLISP, модернизирует AutoLISP с помощью нового ядра Visual LISP и среды программирования, реализует AutoLISP в качестве среды, поддерживающей многооконный интерфейс MDI.

Совместимость. Полная совместимость с созданными ранее программами на AutoLISP. Использование командной строки AutoLISP и загрузка процедур, LISP в меню, поддержка защищенных и открытых файлов LISP и т.п., работают так же, как и раньше.

Модернизация. Visual LISP в AutoCAD модернизирует AutoLISP во многих направлениях: в языке, в его приложениях, и всю среду разработки в целом. Наиболее значительные функции:

- **интегрированная среда разработки (IDE).** Теперь пользователи имеют полноценную среду для написания, тестирования и отладки утилит и приложений на AutoLISP, полностью интегрированную в AutoCAD. Базовые инструменты, такие как редактор программного кода с цветовой кодировкой, средства навигации по структуре программы, инструмент предварительного просмотра диалоговых окон DCL, отладчик, инструменты автоматизирован-

ного форматирования кода и проверки синтаксиса, редактирование нескольких файлов одновременно, система помощи и множество других функций;

□ **объектное программирование в Visual LISP.** AutoCAD обеспечивает программистам на LISP возможность адаптации AutoCAD с использованием интерфейсов AutoCAD ActiveX Automation. Это полностью новый способ разработки для пользователей, которые хотят получить доступ к мощным свойствам объектов при помощи LISP. LISP-адаптация может реагировать на события при помощи объектных реакторов и других элементов программирования через специальные интерфейсы;

□ **компилированный LISP.** Visual LISP в AutoCAD предоставляет надежность компилированного кода наряду с повышенной производительностью при более быстрой загрузке и исполнении кода. Возможности создания проектов, включая компиляцию множества .LSP и DCL файлов в единые файлы приложений, также приятно удивят многих пользователей;

□ **расширение языка программирования.** Visual LISP существенно расширяет технологическую среду языка AutoLISP. Новые интерфейсы и функции, доступ к операционной системе для файлового ввода-вывода и функциям обработки списков, функции доступа к новым командам AutoCAD – все это можно найти в новой версии.

Новейшие технологии, заложенные в этой системе, обеспечивают эффективную коллективную работу над проектом с учетом стандартов предприятия и различных методов проектирования.

Благодаря развитым средствам написания приложений целый ряд разработчиков избрал AutoCAD в качестве базового пакета для создания машиностроительных, архитектурных, строительных, геодезических программ, систем инженерного анализа и многого другого. Использование встроенных языков программирования Visual LISP, VBA и поддержка C++ позволяют настроить AutoCAD под конкретные задачи пользователя.

С каждой новой версией в AutoCAD добавляются по запросам пользователей новые функции, облегчающие и ускоряющие работу над проектом.

Ассоциативные размеры. Под ассоциативностью размеров подразумевается связь между геометрическими объектами и их размерами. Ассоциативные размеры в AutoCAD автоматически

меняют свое местоположение, ориентацию и значение при изменении геометрических объектов, с которыми они связаны. Размеры, проставленные в пространстве листа, также ассоциативно связаны с геометрическими объектами, находящимися в пространстве модели, что исключает необходимость их ручного обновления при изменении геометрии.

Работа с атрибутами. Атрибуты используются для хранения дополнительной информации, связанной с тем или иным геометрическим блоком. Это может быть название производителя, инвентарный номер, материал изделия и т.д. Информацию, считанную из атрибутов чертежа, можно использовать для создания ведомостей и спецификаций в базах данных или электронных таблицах.

AutoCAD предлагает ряд инструментов, ускоряющих и упрощающих работу с атрибутами.

Менеджер атрибутов блоков (Block Attribute Manager) позволяет быстро изменять атрибуты блока, не прибегая к его разбиению или переопределению. Все изменения автоматически отображаются во всех копиях блока на чертеже. С помощью этого инструмента можно выполнить следующие действия:

- ☐ удалить атрибут из блока;
- ☐ изменить порядок следования атрибутов. Эта функция позволяет задать порядок, в котором пользователь будет вводить значения атрибутов при вставке нового блока;
- ☐ изменить имя атрибута, подсказку, значение по умолчанию и режим;
- ☐ изменить параметры текста атрибута;
- ☐ изменить свойства атрибута (цвет, слой и т.п.).

Инструмент Извлечение атрибутов (Enhanced Attribute Extract) позволяет быстро считать атрибуты в текстовый файл с разделителями (CSV), таблицу Microsoft Excel (XLS) или Microsoft Access (MDB). Атрибуты могут извлекаться как из набора выбранных блоков, отдельного чертежа, так и из чертежа с внешними ссылками.

Стандарты. Набор инструментов CAD Standards обеспечивает соответствие стандарту предприятия или соглашению по правилам оформления чертежей (параметры слоев, размерные стили, текстовые стили, типы линий и т.д.). Набор параметров выносится в специальный файл стандартов (DWS), который может быть свя-

зан с чертежами AutoCAD для проверки соответствия стандарту и автоматической корректировки несоответствий.

Менеджер Стандартов используется для настройки стандарта оформления чертежей и связывания файлов стандартов с чертежом AutoCAD. В процессе работы менеджера можно произвести проверку соответствия стандарту текущего чертежа в режиме, похожем на работу команды MS Word "Проверка орфографии": ведется сканирование параметров текущего чертежа и их сравнение со стандартом, нестандартные параметры выдаются в виде отчета с рекомендациями по изменению. Можно автоматически изменять эти параметры в соответствии с рекомендациями либо внести изменения вручную. Подобная проверка производится и в пакетном режиме.

Коллективная работа над проектом . Совместная работа над проектом в рамках локальной сети или с использованием Интернета, общение с заказчиками и партнерами, демонстрация проекта еще до его изготовления "в железе" – эти возможности становятся все более актуальными как за рубежом, так и в нашей стране. AutoCAD предлагает инструменты, необходимые для решения таких задач.

Публикация проекта в Интернете . Возможность публикации проекта в Internet осуществляется в виде механизма генерации html-страниц с изображениями чертежей AutoCAD. Программа формирует полный html-код, и пользователю остается только разместить готовый документ на своем сайте.

AutoCAD предлагает дополнительные возможности, заключающиеся в выборе шаблонов оформления html-страниц, в том числе пользовательских, оптимизации размера документа за счет выбора одного из типов файлов изображений (DWF, JPEG, PNG). Помимо этого, вновь создаваемые html-документы могут поддерживать технологию i-drop, которая обеспечивает прямой перенос проектных данных с сайта в файл чертежа.

Технология i-drop – новая технология Autodesk, позволяющая конструкторам и дизайнерам создавать Internet-библиотеки проектных данных – таких как блоки, комплектующие, текстуры и т.д. Помимо геометрии, производитель может также предоставить данные по фотометрии, стоимости, материалам и т.д. I-drop построен на основе языка XML, который обеспечивает хранение любых данных в формате html.

Технология eTransmit позволяет автоматически заархивировать выбранные файлы вместе со всеми их внешними ссылками и связанными файлами (шрифты, файлы стандартов и т.п.) в единый файл, чтобы подготовить проект к отправке заказчикам или партнерам. При этом задаются такие параметры, как формат DWG, тип архива (самораспаковывающийся или ZIP), защита архива паролем, автоматическая генерация уведомления получателю по электронной почте.

Новые возможности формата DWF и Volo View Express. При разработке концепции электронной публикации чертежей было предложено создать специальный документ, предназначенный для просмотра и печати широкоформатных чертежей, который стал бы таким же стандартом передачи проектной документации, как формат PDF для передачи офисной документации и полиграфии. Этим стандартом стал DWF, быстро завоевавший популярность во всем мире. Он обеспечивает навигацию в чертежах, созданных в AutoCAD, и их просмотр. Размер файла DWF более чем в 10 раз меньше оригинального DWG-файла. При работе с документом DWF так же как и в обычном AutoCAD, можно включать и выключать слои, переключаться между видовыми экранами и печатать документ с настройками, заданными при его создании в AutoCAD.

3.4. Специализированные решения AutoCAD

AutoCAD является базовым пакетом для целого ряда приложений: Autodesk® Mechanical Desktop, AutoCAD® Mechanical, Autodesk® Architectural Desktop, Autodesk® Land Development Desktop, Autodesk® Map.

Каждый из этих пакетов, обладающих всеми возможностями AutoCAD, включает инструменты, специфические для определенной области применения: машиностроения, архитектуры и строительства, изысканий, генплана и транспорта, геоинформационных систем.

Mechanical Desktop (MD) (рис. 3.9) – один из ведущих пакетов параметрического трехмерного проектирования, ориентированный на решение задач в области машиностроения. Программа объединяет в себе все возможности AutoCAD по созданию рабочих документации для проектирования твердотельных деталей, поверхностей и сборок в трехмерном пространстве.

Mechanical Desktop 6.0 предоставляет возможности обмена данными, настройки и программирования, что позволило этому пакету объединить вокруг себя ряд лидирующих фирм-разработчиков, специализирующихся на создании автоматизированных систем в узкой области машиностроительного производства: инженерные расчеты, подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ, раскрой листового материала. Эти и многие другие задачи можно решить с помощью Mechanical Desktop и программ-приложений, работающих в единой интегрированной среде.



Рис. 3.9

Mechanical Desktop включает в себя все возможности AutoCAD, а также новое математическое ядро ACIS 5 и функции из Genius Desktop (без стандартных деталей и расчетов), функции из Genius 14 (без стандартных деталей и расчетов). Допускаются соседствующие инсталляции одного и того же продукта различных версий (напр., Desktop 3 и Desktop 4), любой версии AutoCAD и любой версии Desktop.

Возможности MD:

в проектировании узлов:

- редактирование внешних ссылок в контексте файла сборки;
- более быстрая загрузка/выгрузка файлов внешних ссылок при сохранении, открытии и обновлении файла;
- новый улучшенный интерфейс каталога для работы с деталями и узлами параллельно с другими инженерами;
повышенная производительность:
- многооконный интерфейс – работа с несколькими файлами в одной сессии;
- создание нескольких пространств листа для одной модели;
- более быстрое удаление невидимых линий;
- автоматическая простановка центровых линий на чертеже;
- быстрый поиск и переход к деталям и элементам в больших сборках;
- ввод данных с помощью контекстных меню;
- быстрый доступ к часто используемым командам с помощью контекстных меню.

- автоматическое создание диаметральных и радиальных размеров для дуг и окружностей;
- автоматическое подавление нулевых параметрических размеров в чертеже;
- создание одного базового эскиза из нескольких замкнутых контуров;
- редактирование сегментов эскиза с помощью "ручек" при неизменных геометрических зависимостях;
- динамическое преобразование эскизов;
улучшенные средства проектирования:
- быстрая генерация чертежей и создание более сложных моделей, включающих переходы объемов, лекальные и спиралевидные формы, с использованием нового математического ядра ACIS 5;
- соединение отдельных поверхностей для создания новых "сшитых" поверхностей или твердотельных моделей, которые могут быть заданы параметрически и поддаются редактированию и наложению зависимостей;
- импорт и использование поверхностных данных из других САПР;
- определение зазоров, перекрытий и наложений кромок перед соединением поверхностей; при необходимости – исправление этих недостатков после соединения;
- использование сшитых поверхностей в качестве инструмента для операций отсечений твердых тел поверхностью;
- импорт поверхностных данных из других систем и автоматическая их конвертация в сшитые поверхности;
- при необходимости снижение порядка сплайна и аппроксимация примитивами более низкого порядка;
- использование сплайнов при создании тел;
- использование полилиний, сплайнов и ребер существующих тел для генерации трехмерных спиралей;
- создание более комплексной геометрии с использованием новых возможностей создания трехмерного пути;
- использование новых двумерных зависимостей *Зеркало и Закрепить*;
- комбинирование параметрических деталей, как локальных, так и из файлов внешних ссылок;

- создание местных разрезов;
- создание видов и разрезов на симметричных деталях.

Обмен данными:

- автоматическая генерация видов, разрезов и сечений, сохраняющих двунаправленную ассоциативную связь с исходной моделью;
- поддержка форматов BMP, EPS, DWF, DWG, DXF, IDF, IGES 5.3, VDA-FS, SAT(ACIS), STL и 3DS.

Интеграция и адаптация:

- интеграция возможностей Genius Desktop в среду Mechanical Desktop;
- использование VBA для удобной адаптации продукта и его возможностей;
- все возможности AutoCAD Mechanical.

Mechanical Desktop Power Pack(рис. 3.10) включает:

☐ более 800.000 2D- и 3D-деталей, отверстий, технологических и конструктивных элементов, профилей из 18 стандартов;

☐ 2D- и 3D-инженерные расчеты;

☐ средства интеллектуального размещения стандартных деталей;

- ☐ библиотеки профилей;
- ☐ детали крепления;
- ☐ генератор валов;
- ☐ шаблон деталей крепления;
- ☐ калькулятор;
- ☐ пружины.



Рис. 3.10

AutoCAD LT, относящийся к «легким» системам за пять лет своего существования зарекомендовал себя как удобная и недорогая САПР. Простые в использовании инструменты черчения, редактирования и печати, интуитивный интерфейс и невысокая цена сделали AutoCAD LT незаменимым средством создания двумерных чертежей и другой конструкторской документации. В то же

время стопроцентная совместимость с AutoCAD и продуктами на его базе позволяет использовать AutoCAD LT для редактирования и оформления чертежей, созданных в Autodesk Mechanical Desktop, Autodesk Architectural Desktop и Autodesk® Land Desktop.

Одной из удачных отечественных разработок в области развития комплекса AutoCAD является система CADMECH (НИИ "Интермех"), значительно расширяющая его возможности в области проектирования машиностроительных чертежей. CADMECH ускоряет проектирование в 10-15 раз по сравнению с "чистым" AutoCAD и сокращает сроки освоения AutoCAD до 2-3 дней.

CADMECH создан совместными усилиями конструкторов и программистов, поэтому максимально учитывает специфику работы конструктора-механика. Использование CADMECH не требует для сопровождения штата программистов, однако оставляет возможность для привлечения их при расширении возможностей системы. Одним словом, CADMECH – система, открытая для развития.

Она состоит из двух частей: собственно CADMECH – системы проектирования деталей и сборочных единиц на базе AutoCAD и CADMECH Desktop – трехмерная система проектирования деталей и сборочных единиц на базе Autodesk Mechanical Desktop.

Производительность и качество системы определяются:

- ☐ наличием мощного средства для создания параметрических библиотек любых элементов непосредственно пользователем (при этом не требуется навыков в программировании);
- ☐ оригинальной технологией проектирования сборочных и детализированных чертежей;
- ☐ предоставлением разнообразных функций машиностроительного проектирования;
- ☐ универсальным набором стандартных конструктивных элементов и решений;
- ☐ наличием мощной справочно-информационной базы, включающей необходимость обращения к справочной литературе.

CADMECH Desktop представляет собой интегрированную систему, включающую в себя:

- ☐ систему CADMECH для генерации двух- и трехмерных деталей и сборочных единиц в среде Mechanical Desktop;
- ☐ систему SEARCH для ведения сетевого иерархического архива документов предприятия с возможностью ведения проектов, компоновки проектов и т.д.;

□ систему AVS для выпуска текстовых конструкторских документов СП, ВС, ВП, ПЭ и т.д.

Все системы тесно связаны между собой; информация, введенная в одной из систем, автоматически передается в другую систему. CADMECH Desktop обеспечивает работу как с двухмерными, так и трехмерными конструкциями. В области трехмерного проектирования деталей и сборочных единиц CADMECH Desktop предоставляет пользователю не просто библиотеку функций и конструктивных элементов, а предлагает технологию трехмерного проектирования (поддерживаемую функциями системы), которая обеспечивает комплексный подход к проблеме проектирования в целом.

CADMECH Desktop значительно расширяет возможности Mechanical Desktop и позволяет:

□ значительно ускорить проектирование трехмерных моделей по сравнению с "чистым" Mechanical Desktop и сократить сроки освоения системы до 3-5 дней;

□ повысить качество проектирования;

□ максимально учесть специфику работы конструктора-механика и упростить процесс проектирования трехмерных моделей до уровня двумерного;

□ автоматизировать процесс создания трехмерных моделей на базе двумерных чертежей.

Производительность и качество системы определяются:

□ комплексным подходом к проектированию деталей и сборочных единиц;

□ автоматической регистрацией разрабатываемых деталей и сборочных единиц в системе ведения сетевого иерархического архива документов SEARCH и получением готовых проектов;

□ возможностью генерации спецификаций и других текстовых конструкторских документов на основании разрабатываемых сборочных единиц в системе AVS;

□ возможностью использования в процессе проектирования широкого набора конструкторских элементов (выступы, бобышки, вырезы, пазы, окна, отверстия и т.д.);

□ возможностью проектирования трехмерных листовых гнутых деталей. Есть функции развертки листовых деталей;

□ возможностью проектирования трехмерных валов и втулок;

- ☐ возможностью проектирования трехмерных конструкций из стандартных профилей;
- ☐ возможностью генерации трехмерных пружин растяжения и сжатия;
- ☐ возможностью генерации и разводки труб в трехмерном пространстве;
- ☐ возможностью автоматической генерации в процессе проектирования большого количества стандартных крепежных элементов (винты, болты, штифты, гайки, шайбы, подшипники и т.д.) с одновременной генерацией отверстий под крепежный элемент в соединяемых деталях;
- ☐ возможностью автоматического редактирования стандартных изделий, связанных с изменением размеров стандартных изделий;
- ☐ простой и понятной конструктору системой позиционирования вновь генерируемых элементов на трехмерной модели с автоматической привязкой к уже имеющимся элементам модели;
- ☐ наличием мощных средств для создания непосредственно пользователем библиотек конструктивных трехмерных элементов. При этом не требуется навыков в программировании;
- ☐ простым получением трехмерной модели на базе двумерного чертежа;
- ☐ наличием простых средств компоновки изделий;
- ☐ удобным оформлением чертежа, полученного на основании проекций трехмерной модели в соответствии с требованиями ЕСКД, включающим:
 - √ удобную простановку размеров с допусками и посадками;
 - √ вычерчивание рамок чертежей различных форматов, установку штампов и их заполнение;
 - √ автоматическое нанесение размеров и осей отверстий, а также осей симметрии;
 - √ заливку требуемых изображений с целью выделения групп одинаковых отверстий;
 - √ нанесение различных знаков шероховатости поверхности, отклонений формы и расположения поверхностей;
 - √ нанесение обозначений сварных и неразъемных соединений, а также видов, разрезов, сечений;

✓ автоматическую генерацию и размещение технических требований на чертеже путем выбора из соответствующего каталога технических требований.

3.5. Система среднего уровня SolidWorks (ядро Parasolid)

Одной из систем среднего уровня, по своим возможностям, приближающаяся к полномасштабным САПР является SolidWorks.

SolidWorks (рис. 3.11) – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения.

SolidWorks 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 заказчикам предлагается три базовых конфигурации системы: SolidWorks, SolidWorks Professional и SolidWorks Premium.

Разработчиком САПР SolidWorks является SolidWorks Corp. (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 лучшим решением для промышленности.

Комплексные решения SolidWorks базируются на передовых технологиях гибридного параметрического моделирования и широком спектре специализированных модулей. Программное обеспечение функционирует на платформе Windows, имеет развитый интерфейс (рис. 3.12), поддержку русского языка и стандартов ЕСКД.

SolidWorks – мощное средство проектирования, которое полностью решает проблемы ежедневной практической работы конструктора. SolidWorks служит основой для построения интегрированного комплекса автоматизации предприятия и позволяет осуществить



Рис. 3.11

сквозной процесс проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения.

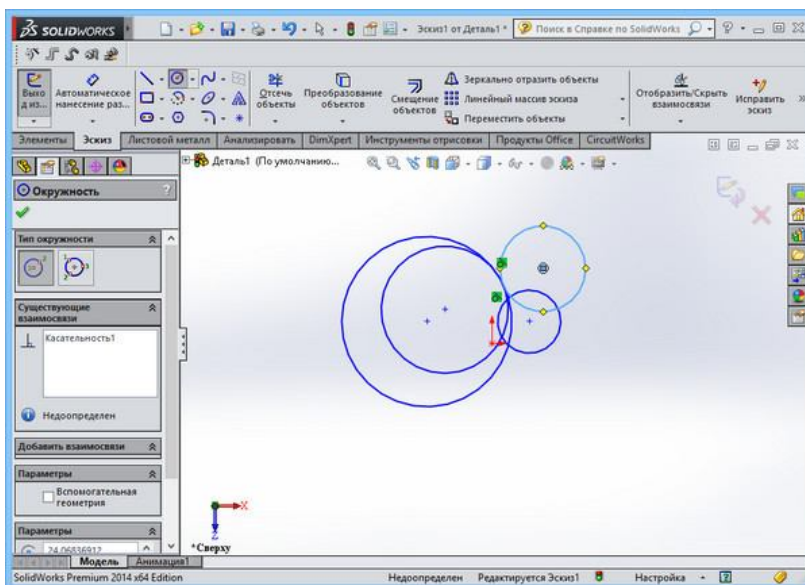


Рис. 3.12

Система не имеет ограничений по количеству компонентов сложных сборок, предоставляет богатые возможности для оформления конструкторской документации, работы с листовым металлом, создания фотореалистичных изображений.

Базовые возможности SolidWorks:

1. Твердотельное моделирование:

- ☐ ведение проектирования "снизу вверх" и "сверху вниз" двусторонняя ассоциативность модели и чертежа,
- ☐ управление моделью и облегчение поиска элементов с помощью дерева проекта (Feature Manager),
- ☐ использование технологий Microsoft Windows: контекстные меню, cut-and-paste, drag-and-drop... ,
- ☐ возможность создания в одной модели (детали или сборки) нескольких исполнений,
- ☐ выбор окном для групповых операций деталей в сборке, граней, кромок, размеров элементов...

2. Моделирование деталей:

- ☐ моделирование на основе объемных элементов ("фичерс-ное" моделирование) возможность переопределения параметров любого шага и их очередности, управление историей модели,
- ☐ динамичное внесение изменений в режиме реального времени,
- ☐ создание любых массивов элементов – круговых и линейных, управляемых таблицами и эскизами,
- ☐ использование библиотек стандартных решений,
- ☐ мастер создания сложных отверстий (с цековкой, с зенковкой, резьбовых...),
- ☐ моделирование пространственных трубопроводов и каналов с использованием трехмерного эскиза,
- ☐ формирование линий и поверхностей разъема при проектировании литевых и пресс-форм,
- ☐ задание изотропной и анизотропной усадки, а также усадки, индивидуальной для каждого размера.

3. Создание справочной геометрии:

- ☐ моделирование поверхностей, сшивка поверхностей, легкие обрезка и удлинение поверхностей,
- ☐ преобразование замкнутого объема поверхностей в твердое тело,
- ☐ вырезы и добавление материала с использованием поверхностей,
- ☐ создание вспомогательных плоскостей, осей, координатных систем, кривых, эскизов, 3D-сплайнов...

4. Моделирование деталей из листового металла:

- ☐ получение разверток, в том числе для цилиндрических и конических листовых деталей,
- ☐ моделирование от детали к развертке и от развертки к детали,
- ☐ автоматическое добавление вырезов для снятия напряжений в острых углах,
- ☐ пополняемые библиотеки стандартных выштамповок и вырезов в листовых деталях.

5. Эскиз:

- ☐ единый инструмент для создания эскиза и дооформления чертежей,

- ☐ круговые и линейные массивы, скругления и фаски, продление и обрезка объектов эскиза...,
- ☐ динамическая подсказка возле курсора удобнейший инструмент простановки размеров.

6. Моделирование сборок и технологической оснастки:

- ☐ работа в контексте сборки, взаимное определение деталей в составе сборки,
- ☐ высокая скорость сборки благодаря использованию функции "автосопряжения" (SmartMate),
- ☐ методы существенного ускорения и упрощения работы с большими сборками (тысячи компонентов),
- ☐ круговые, линейные и производные массивы компонентов, вырезы и отверстия как элементы сборки,
- ☐ объединение деталей сборки в одну, операции моделирования различных видов сварки,
- ☐ имитация работы, поиск взаимопроникновений деталей и анализ коллизий при движении механизмов,
- ☐ возможность контекстной подмены, реструктуризация сборок (формирование и роспуск подборок).

7. Оформление чертежей:

- ☐ полная поддержка системой стандартов ЕСКД,
- ☐ автоматическое создание чертежных видов по модели, включая получение разрезов, сечений (простые, ступенчатые и развернутые), местных видов, изометрии,
- ☐ создание многолистовых чертежей, перенос и копирование видов с листа на лист,
- ☐ автоматическое отображение размеров модели, простановка справочных размеров и справочной информации (шероховатость, допуски отклонения форм, базы...),
- ☐ настройка на стандарты предприятия с использованием блоков, форматов, надписей...,
- ☐ автоматическое заполнение основной надписи и спецификации (наименование, обозначение, материал).

8. API:

- ☐ написание пользовательских программ на любых языках программирования для Windows,
- ☐ полный комплект библиотек для пользовательских программ,

- простейшие программы могут создаваться автоматически и сохраняться как макросы,

- включение отдельных подпрограмм и целых специализированных модулей в интерфейс системы.

9. Трансляция данных:

- экспорт и импорт в форматах IGES, DXF, DWG, SAT, STL, STEP, VDAFS, VRML, Parasolid...,

- прямые трансляторы импорта из большинства популярных CAD-систем,

- автоматическая сшивка импортированных поверхностей, возможность удаления отдельных лоскутов,

- включает модуль (XchangeWorks), позволяющий открывать модели SolidWorks в AutoCAD,

- импорт и экспорт чертежей из AutoCAD с сохранением цвета, шрифтов и слоев (уровней).

10. Просмотр моделей и чертежей:

- просмотрщик моделей SolidWorks – SolidWorks Viewer,
- создание автономно просматриваемых файлов чертежа и модели – eDrawing.

Модули проектирования.

Модуль проектирования пресс-форм **MoldBase:**

- быстрое комплектование пресс-формы на основе нескольких стандартов,

- добавление по выбору из библиотеки толкателей, каналов охлаждения...,

- возможность создавать свои библиотеки комплектов плит, колонок, толкателей...

Модуль проектирования пресс-форм **MoldWorks:**

- 14 используемых в мире стандартов пресс-форм,

- возможность модификации предлагаемых стандартом плит,

- обширная библиотека толкателей, колонок, втулок, литниковых колец...,

- возможность автоматического пересчета пресс-формы под иной типоразмер,

- автоматическая генерация данных для станков с ЧПУ,

- анализ коллизий между элементами геометрии отдельных плит пресс-формы.

Модуль механообработки **CAMWorks:**

- ☐ трехкоординатная фрезерная и 2/4-координатная токарная обработка,
- ☐ генератор постпроцессоров в составе базового модуля CAMWorks,
- ☐ поддержка ассоциативности с геометрией модели,
- ☐ визуализация процесса обработки, анализ недорезов и за-резов,
- ☐ обширная база данных станков, инструмента, режимов ре-зания...

Модуль механической и электроэрозионной обработки **Mastercam:**

- ☐ прямой интерфейс обмена с SolidWorks,
- ☐ фрезерная обработка до пяти осей,
- ☐ возможность обработки детали боковой поверхностью фрезы,
- ☐ токарная и электроэрозионная обработка,
- ☐ функции высокоскоростной обработки.

Модуль для разводки электрических кабелей **Embassy:**

- ☐ разводка кабелей и формирование жгутов,
- ☐ генерация схемы разводки и оформление чертежа, получение текстовых отчетов,
- ☐ раскладка жгутов на монтажном столе,
- ☐ проверка заданных пользователем правил проектирования.

Модуль проектирования трубопроводов и библиотека стандартных изделий **SolidWorks Piping:**

- ☐ трехмерная прокладка трасс трубопроводов в сборках SolidWorks,
- ☐ библиотека стандартных изделий, содержащая более 1700 уникальных деталей,
- ☐ возможность создавать свои библиотеки деталей или добавлять их, в стандартную.

Модуль создания трехмерных моделей печатных плат **CircuitWorks:**

- ☐ автоматическое создание 3D-моделей печатных плат на основе данных, полученных из электротехнических CAD-систем,
- ☐ пользовательские библиотеки моделей радиодеталей,

☐ возможность преобразования моделей SolidWorks в IDF-формат.

Расчетные модули.

Инженерный калькулятор и библиотека **MechSoft-PROFI:**

- ☐ проектировочные расчеты балок, валов, сварных соединений, пружин...,
- ☐ моделирование стандартных изделий и кулачков,
- ☐ создание в сборке ассоциированных групп крепежа,
- ☐ моделирование валов и зубчатых передач на основе проектировочного расчета,
- ☐ введение в систему своих видов расчетов и моделей.

Утилита простановки допусков **Допуски и посадки:**

- ☐ простановка на чертежах допусков на размеры по квалитета-там.

Модуль расчета размерных цепей **SigmundWorks:**

- ☐ анализ собираемости сборки из условий заданных допусков,
- ☐ автоматическое формирование размерной цепи,
- ☐ прямой и обратный виды расчетов,
- ☐ расчеты на максимум-минимум, статистический анализ,
- ☐ определение и учет весовых коэффициентов,
- ☐ учет статистики предприятия при задании функций распределения погрешностей.

Модуль анализа проливаемости пресс-форм **Plastics Advisers:**

- ☐ расчет течения пластмассы в форме любой сложности,
- ☐ определение мест образования пузырьков воздуха, линий холодного спая... ,
- ☐ оптимизация точек впрыска полимера,
- ☐ определение качества поверхности, зон недостаточного охлаждения... ,
- ☐ определение оптимальных параметров термопласт-автоматов.

Модуль кинематического анализа **Dynamic Designer (ADAMS)**

- ☐ кинематический анализ сложных механизмов,
- ☐ определение скоростей, ускорений и взаимных воздействий элементов системы,
- ☐ передача нагрузок в систему расчета на прочность CosmosWorks.

Модуль расчета на прочность **CosmosWorks:**

- ☐ разные виды расчета: статический, тепловой, частотный, потери устойчивости,
- ☐ автоматическая оптимизация размеров конструкции,
- ☐ работа с деталями и сборками,
- ☐ возможность учета нелинейных свойств материала,
- ☐ вывод эпюр напряжений, деформаций, запасов прочности....

Модуль расчета на прочность **MSC visualNastran:**

- ☐ расчет движения систем со случайными взаимодействиями элементов,
- ☐ определение нагрузок, скоростей и ускорений в любой момент времени,
- ☐ расчет ударных нагрузок,
- ☐ расчет отдельных деталей на прочность в любой момент движения механизма.

Модуль аэрогидродинамических расчетов **FlowVision:**

- ☐ расчет и визуализация течений жидкостей и газов,
- ☐ расчеты движения на поверхности раздела двух сред,
- ☐ учет горения газо-воздушной смеси при движении,
- ☐ аэродинамические расчеты до числа $M=10$, анализ ламинарного и турбулентного течений, учет вязкости газа и жидкости.

Менеджер проекта **SWR-PDM1.0** – PDM-система, позволяющая вести индивидуальные проекты и управлять параллельной разработкой легче и эффективнее, чем когда-либо ранее. Модуль интеграции с SolidWorks делает SWR-PDM мощным инструментом управления для документов SolidWorks. Используется для создания, редактирования, просмотра, управления версиями, хранения и поиска документов SolidWorks, MS Office и любых других приложений. Готов к использованию сразу после установки, оставаясь легко настраиваемым.

Описание SWR-PDM.

Библиотека стандартных изделий **Toolbox:**

- ☐ быстрое добавление в сборку комплектов крепежа (болт, гайка, шайба),
- ☐ библиотеки подшипников и прокатного сортамента,
- ☐ моделирование канавок под стандартные уплотнительные кольца,

- ☐ проектировочные расчеты балок,
- ☐ проектирование кулачков.

Библиотека стандартных изделий **StandardWorks** и **SWR-библиотеки**:

- ☐ пополняемые библиотеки любых параметризованных моделей,
- ☐ возможность разделение доступа пользователя и администратора,
- ☐ поставка с готовым наполнением в соответствии с ГОСТами,
- ☐ возможность добавления прямо в сборку с наложением сопряжений,
- ☐ тесная интеграция с модулем автоматической генерации спецификаций,
- ☐ возможность настройки на СтП при поставке заказчику.

Модуль автоматической генерации спецификаций **SWR-Спецификация**:

- ☐ полностью автоматическое заполнение спецификации по ЕСКД,
- ☐ двусторонняя ассоциативная связь с чертежами и моделями SolidWorks,
- ☐ встроенные библиотеки материалов и крепежа,
- ☐ поддержка множества бланков, функции экспорта данных генерация других конструкторских и технологических документов,
- ☐ любые бланки заказчика.

Дополнительные модули.

Модуль параметризации импортированных моделей в SolidWorks **FeatureWorks**:

- ☐ распознавание конструктивных элементов в импортированных моделях и преобразование их в параметрическую модель SolidWorks,
- ☐ получение редактируемых, ассоциативных и параметрических моделей,
- ☐ возможность как автоматического, так и интерактивного распознавания.

Модуль **SolidWorks Animator**:

- ☐ быстрая и простая генерация AVI-файлов на основе моделей SolidWorks,

- ☐ создание интерактивной документации и рекламных видеороликов.

Модуль для создания фотореалистичных изображений
PhotoWorks:

- ☐ генерация изображений с фотографическим качеством на базе моделей SolidWorks,

- ☐ экспорт в TIFF, JPEG, PostScript, Targa, BMP, LWI форматы,

- ☐ возможность выбора оптических характеристик поверхностей деталей SolidWorks,

- ☐ задание источников света, окружающей обстановки, характеристик среды.

Средство просмотра моделей и чертежей SolidWorks – модуль
eDrawing:

- ☐ средство просмотра чертежей и моделей SolidWorks с одновременным их многократным сжатием,

- ☐ объединение чертежа, модели и средств их просмотра в ехе-файл малого размера,

- ☐ функция "красного карандаша", дополнительные виды и разрезы, вывод на печать.

Модуль в области e-commerce **3D PartStream.NET:**

- ☐ поиск потенциальных заказчиков выпускаемой продукции через Internet, позволяет покупателям просматривать, транслировать и загружать 3D модели.

Модуль обмена данных через Web-страницы **3d Instant Website:**

- ☐ создание пользовательских Web-страниц на своем сервере и защищенных паролем страниц на сервере SolidWorks Corporation,

- ☐ возможность представлять в Internet 3D-модели с фотографическим качеством.

3.6. Система Компас-3D

В значительной мере, схожей с SolidWorks является отечественная разработка – Компас-3D, находящаяся в нише систем среднего уровня (начиная с Компас-График 5.11R02).

Система Компас-3D (АО “Аскон”) предназначена для комплексной автоматизации проектно-конструкторских и технологических работ на промышленных предприятиях, в КБ и НИИ. Основными компонентами Компас -3D являются система трехмерного твердотельного моделирования (трехмерный моделлер) и Компас-График – редактор конструкторской документации с большим набором приложений.

Средства разработки приложений Компас-Мастер позволяют создавать дополнительные программные модули (пользовательские библиотеки), а затем применять их во время работы над документами.

Для организации совместной работы пользователей с электронными документами, их хранения и защиты от несанкционированных изменений служит система управления проектными данными Компас-Менеджер.

Компас-3D(v.12,13,14,15) имеет настраиваемый оконный интерфейс (рис. 3.13), соответствующий стандартам Windows, и управляется с помощью команд текстового меню, панелей кнопок, контекстных (динамических) меню. Оформление экрана, состав кнопочных панелей и любые параметров системы могут быть настроены непосредственно во время сеанса работы.

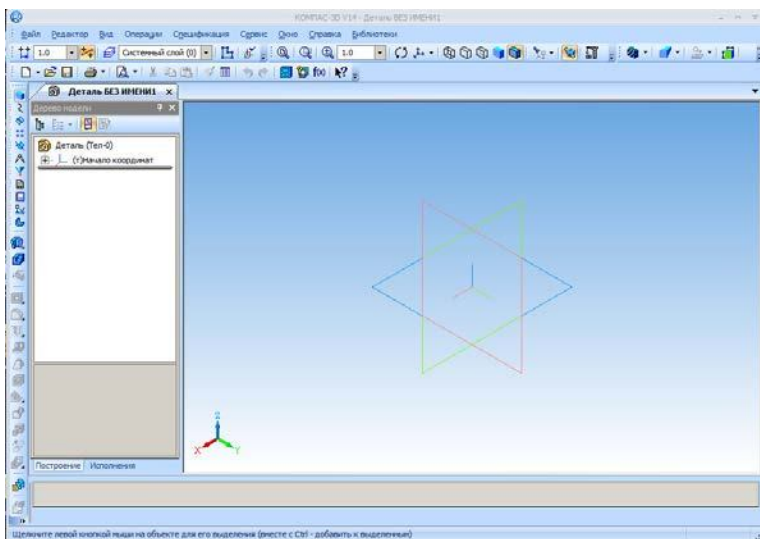


Рис. 3.13

Пользователь может формировать собственные кнопочные панели, в том числе подключая функции прикладных библиотек в качестве команд.

Поддерживается одновременная работа с несколькими документами, а также отображение каждого документа в нескольких окнах. Реализованы различные режимы резервного копирования загруженных документов.

Печать разработанных документов может выполняться на любых устройствах (принтерах или плоттерах), поддерживаемых Windows. Реалистичное изображение документов в режиме предварительного просмотра позволяет скомпоновать на поле вывода и распечатать одновременно несколько документов. Обеспечена гибкая настройка всех параметров печати.

Для пользователей, работающих над проектами вместе со специалистами других предприятий, полезной окажется утилита просмотра Компас Viewer, с помощью которой можно ознакомиться с документами и распечатать их даже на тех компьютерах, где не установлен Компас-3D.

Компас-3D поддерживает технологию OLE, что позволяет вставить документы Компас в любой документ, являющийся OLE-контейнером (например, в документ MS Word). Созданный таким образом OLE-объект в дальнейшем можно просматривать при помощи Компас Viewer или редактировать средствами Компас. Если при вставке OLE-объекта сохранена связь с источником, то все вносимые в источник изменения будут отражаться в документе-контейнере.

Основным компонентом Компас-График является графический редактор, позволяющий разрабатывать и выпускать различные графические документы (эскизы, чертежи, схемы, плакаты и т.д.). В системе предусмотрены два вида графических документов – чертежи и фрагменты. Чертеж обладает рамкой и основной надписью, в нем можно создавать до 255 видов (проекций, разрезов, сечений), имеющих разный масштаб изображения. На листе чертежа могут быть размещены спецификация, технические требования, знак неуказанной шероховатости. Фрагмент содержит изображение в натуральную величину без элементов оформления (рамки, технических требований и т.п.).

Любой вид чертежа или фрагмент может содержать до 255 слоев, каждый из которых можно делать текущим или недоступным для редактирования или невидимым.

Компас-График позволяет работать со всеми типами графических примитивов, необходимыми для выполнения любого построения. К ним относятся точки, прямые, отрезки, окружности, эллипсы, дуги окружностей и эллипсов, многоугольники, ломаные линии, кривые NURBS (в том числе кривые Безье). Разнообразные способы и режимы построения этих примитивов (например, команды создания фасок, скруглений, эквидистант, построения отрезков и окружностей, касательных к объектам и т.п.) избавляют пользователя от необходимости производить сложные вспомогательные построения. Для ускорения построений можно использовать локальные системы координат, разномасштабную сетку и механизм объектных привязок.

Одной из самых сильных сторон Компас-График по-прежнему является полная поддержка ЕСКД. Поддерживаются стандартные (соответствующие ЕСКД) и пользовательские стили линий и штриховок. Реализованы все типы линейных, угловых, радиальных и диаметральных размеров (включая наклонные размеры, размеры высоты и размеры дуги). Автоматически выполняются простановка допусков и подбор качества по заданным предельным отклонениям. Среди объектов оформления – все типы шероховатостей, линий-выносок, обозначения баз, допусков формы и расположения поверхностей, линии разреза и сечения, стрелки направления взгляда, штриховки, тексты, таблицы.

В графический документ Компас-График может быть вставлено растровое изображение формата BMP, PCX, DCX, JPEG, TIFF. При вставке растрового объекта возможно задание его масштаба и угла поворота.

Компас-График обеспечивает пользователя всеми инструментами, необходимыми для редактирования чертежа. Выполняются операции сдвига, копирования, поворота, масштабирования, симметричного отображения, деформации, удаления, выравнивания. Поддерживается перенос и копирование объектов через буфер обмена. Перетаскивание мышью характерных точек любых (как векторных, так и растровых) объектов позволяет быстро менять их размер и положение.

Возможно создание макроэлементов и именованных групп объектов. При формировании и изменении чертежа можно использовать ссылки на связанные с ним внешние фрагменты, которые могут храниться как в отдельных файлах, так и в специальных библиотеках фрагментов.

Любому графическому объекту можно поставить в соответствие неграфическую информацию, называемую атрибутом. Атрибутом может быть число, строка, запись или таблица; объект может иметь любое количество атрибутов. Атрибуты объекта могут быть просмотрены и отредактированы в любой момент работы над документом; они также используются для поиска графических объектов.

Система содержит большой набор команд для измерения длин, расстояний, углов в графическом документе и вычисления массовых характеристик плоских фигур, тел выдавливания и вращения.

Режим реалистичного заполнения граф основной надписи и текста технических требований облегчает оформление документа. В комплект поставки Компас-График входит библиотека стандартных основных надписей графических документов; возможно создание пользовательских основных надписей.

В графическом редакторе Компас-График могут создаваться параметрические модели. Отличие параметрической модели от обычной состоит в том, что в ней существуют взаимосвязи между объектами. Примерами взаимосвязей могут служить параллельность, перпендикулярность, симметрия, равенство радиусов, касание объектов, совпадение их характерных точек и т.п.

Взаимосвязи формируются как при вводе объектов (автоматически), так и путем вызова специальных команд. Автоматическое формирование связей может быть запрещено, любая существующая связь может быть удалена.

Возможно также создание ассоциативных объектов оформления (размеров, штриховок, обозначений шероховатости и т.д.). Ассоциативные объекты "отслеживают" изменение положения своих базовых примитивов и автоматически перестраиваются в соответствии с ним.

Параметрам графических объектов (например, длинам, углам, радиусам) могут быть поставлены в соответствие буквенные переменные. Возможно задание аналитических зависимостей (уравне-

ний и неравенств) между этими переменными, и, следовательно, между параметрами объектов.

В результате редактирования любого параметрического объекта остальные объекты перестраиваются так, чтобы заданные пользователем взаимосвязи не нарушались. Благодаря этому свойству параметрической модели она идеально подходит для создания однотипных изображений, различающихся параметрами элементов.

Текстовый редактор Компас-График позволяет выпускать различные текстовые документы – расчетно-пояснительные записки, технические условия, инструкции и т.д. Текстовый документ является отдельным типом документа Компас.

При работе с текстовым документом доступны все основные возможности, являющиеся стандартом де-факто для современных текстовых редакторов: работа с растровыми и векторными шрифтами Windows (в том числе в формате Unicode), выбор параметров шрифта (размер, наклон, начертание, цвет и т.д.), выбор параметров абзаца (отступы, межстрочный интервал, выравнивание и т.д.), ввод специальных знаков и символов, надстрочных и подстрочных символов, индексов, дробей, вставка рисунков (графических файлов Компас), автоматическая нумерация списков (в том числе с различными уровнями вложенности) и страниц, поиск и замена текста, формирование таблиц. Возможно создание стилей текста и стилей оформления текстового документа и быстрое форматирование документа с использованием этих стилей. Часто встречающиеся фрагменты текста могут быть сохранены для последующего быстрого ввода. Предусмотрена возможность автоматической замены ошибочно введенных латинских символов на кириллические и наоборот.

Все функции текстового редактора Компас-График доступны не только при создании отдельных текстовых документов, но и при вводе любого текста в графическом документе (при создании технических требований, таблиц, технологических обозначений – всех графических объектов, содержащих текст).

Модуль проектирования спецификаций Компас-График позволяет выпускать разнообразные спецификации, ведомости и прочие табличные документы. Спецификация является отдельным типом документа Компас-График. Многие функциональные возможности модуля разработки спецификаций Компас-График заим-

ствованы из логики и технологии разработки "бумажных" спецификаций. При заполнении документа на экране пользователь видит стандартную таблицу спецификации и может вводить данные в ее графы.

В конструкторской практике спецификация, составляемая на изделие, всегда соответствует сборочному чертежу этого изделия. Спецификация Компас-График также может быть связана со сборочным чертежом (одним или несколькими его листами) и другими электронными документами. Эта связь является двунаправленной и ассоциативной. Находясь в окне спецификации, можно быстро открыть подключенные к ней чертежи, и наоборот, при работе с чертежом можно вызвать подключенную к нему спецификацию.

Возможна передача данных из чертежа в спецификацию или из спецификации в чертеж, причем передача ассоциативна. Из спецификации в чертеж передаются номера позиций компонентов сборки (стандартных изделий, деталей и т.д.). Из сборочного чертежа в спецификацию передаются номера зон, в которых расположено изображение соответствующих компонентов сборки. Из чертежей деталей и сборочных единиц в спецификацию передаются наименование, обозначение, масса, материал изделия, формат его чертежа и другие данные.

Если в сборочный чертеж вставлены изображения стандартных элементов из Конструкторской библиотеки Компас-График, то информация о них передается в спецификацию.

Спецификация может содержать сведения, дополняющие информацию, включаемую в стандартный бланк. Эти сведения хранятся в так называемых "дополнительных колонках", они могут быть просмотрены или отредактированы в любой момент, однако в бланке спецификации они не видны и на печать не выводятся. Примером информации в дополнительных колонках могут служить масса и стоимость объекта. Сервисные команды позволяют сложить числовые значения дополнительных параметров, при этом может учитываться количество одинаковых объектов в сборке и даже количество объектов в ее различных исполнениях (таким способом можно подсчитать массу или стоимость специфицируемого изделия). В дополнительные колонки вводят и любую другую информацию об объекте (код, материал, текстовый коммента-

рий и т.д.); их количество и состав определяются потребностями пользователя.

Строки спецификации могут быть связаны с графическими объектами в сборочном чертеже. При наличии таких связей в спецификации можно включить режим, в котором система автоматически выделяет в чертеже геометрию, относящуюся к выделенной строке спецификации. Спецификацию можно настроить таким образом, чтобы при удалении ее строки происходило и автоматическое удаление соответствующей геометрии из сборочного чертежа. Если в момент создания спецификации рабочие чертежи деталей и узлов еще не готовы, то графические объекты, подключенные к строке спецификации, можно передать в новый графический документ, получив, таким образом, заготовку чертежа. В его основную надпись будут автоматически переданы обозначение и наименование, присвоенные изделию в спецификации.

Модуль проектирования спецификаций Компас-График поддерживает заполнение разделов и предусмотренную стандартом сортировку строк внутри них. Замечательной особенностью спецификации Компас-График является возможность создавать и заполнять разделы в произвольной последовательности. Пользователь может сначала ввести стандартные изделия, затем создать и заполнить раздел Документация, перейти к вводу деталей, а потом – сборочных единиц. Система автоматически расположит получившиеся разделы в стандартной последовательности; каждый новый раздел будет размещаться в строго определенном по отношению к существующим разделам месте, "раздвигая" при необходимости уже заполненные строки.

Стандарт предписывает группировать объекты в разделе по видам, а внутри этих групп сортировать по наименованию или обозначению. И этот механизм поддерживает спецификация Компас-График: при вводе нового объекта можно указать не только раздел, но и подраздел для его размещения. Строки спецификации можно заполнять в произвольном порядке, выбирая разделы и подразделы, к которым они относятся. Спецификация автоматически располагает строки в предписанной стандартом последовательности (например, детали сортируются по возрастанию их буквенно-числового обозначения).

Пользователь может самостоятельно выбрать колонку, по которой должна производиться сортировка, и указать одно из правил

сортировки – по возрастанию числового значения, по убыванию числового значения, по алфавиту, смешанную (и по алфавиту, и по значению числа в порядке следования символов текста) и для раздела документации (при таком типе сортировки коды документов располагаются не по алфавиту, а в порядке, предписанном ГОСТ 2.102-68). Возможно также формирование более сложных правил сортировки (например – вначале по номеру стандарта, затем – по названию изделия, затем – по его типоразмеру). Такие правила используются, например, при сортировке раздела Стандартные изделия.

После редактирования обозначения детали, документа или другой строки спецификации эта строка меняет свое положение в спецификации в соответствии с правилами сортировки. После любого изменения порядка строк в спецификации нарушается нумерация позиций. Это нарушение можно устранить автоматически; команда простановки позиций присваивает строкам спецификации номера в порядке их следования, учитывая при этом наличие резервных строк в разделах.

Совокупность параметров и настроек объединяется в стиль спецификации. В поставку входят стили, позволяющие оформлять документы по ГОСТ 2.108-68 и ГОСТ 2.113-75. В них уже включены стандартные разделы, заданы правила заполнения колонок в каждом из них, настроена сортировка объектов и т.д.

Возможно создание пользовательских стилей спецификации, объединяющих разнообразные настройки и параметры (вид бланка, названия и оформление разделов, правила сортировки и т.д.)

Разнообразие параметров и настроек, в особенности возможность использовать пользовательский бланк, позволяет создавать не только спецификации в соответствии с ГОСТ. Механизмы модуля разработки спецификаций подходят для работы с различными ведомостями, перечнями, каталогами и списками: их строки можно нумеровать, сортировать, связывать с документами и графическими объектами и т.д. Комбинируя различные настройки спецификации, можно создавать ведомости спецификаций, ведомости ссылочных документов, ведомости покупных изделий, таблицы соединений, листы регистрации изменений и прочие документы.

В систему Компас-3D входит трехмерный геометрический моделлер, предназначенный для создания трехмерных параметрических моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержа-

щих как типичные, так и нестандартные, конструктивные элементы. Параметризация позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа.

Ключевой особенностью Компас-3D является использование собственного математического ядра C3D и параметрических технологий, разработанных специалистами АО «АСКОН».

Область применения Компас-3D определяется основным набором задач, которые он призван решать:

- ☐ моделирование изделий с целью создания конструкторской и технологической документации, необходимой для их выпуска (детализовок, сборочных чертежей, спецификаций и т.д.);
- ☐ моделирование изделий с целью расчета их геометрических и массо-центровочных характеристик;
- ☐ моделирование изделий для передачи геометрии в расчетные пакеты;
- ☐ моделирование деталей для передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- ☐ создание изометрических изображений изделий (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации и т.д.).

Система Компас-График предоставляет пользователю различные конверторы для обмена данными с другими системами. К ним относятся:

- ☐ чтение графических файлов форматов DXF, DWG и IGES;
- ☐ чтение текстовых файлов форматов ASCII (DOS), ANSI (Windows) и RTF;
- ☐ чтение файлов трехмерных моделей форматов IGES и SAT;
- ☐ чтение файлов документов КОМПАС версии 4.

Конверторы для экспорта данных позволяют выполнить запись графических файлов форматов DXF и IGES, запись файлов трехмерных моделей форматов IGES, SAT и STL.

В версиях системы Компас-3D (v. 11-13) наиболее важными новшествами являются следующие:

1. Доработан модуль твердотельного проектирования Компас-3D.

2. Появилась возможность записи моделей в формат ParaSolid XT, а также чтения файлов этого формата, позволяющая обмени-

ваться данными с системами, использующими ядро ParaSolid (UGS, T-FLEX, SolidWorks, SolidEdge и др.).

3. При настройке свойств деталей можно использовать *Справочник материалов*, что существенно расширяет возможности выбора материала детали при проектировании.

Внесен ряд новшеств и в продукты для двумерного проектирования и черчения:

1. Доработаны и дополнены новыми элементами *Машиностроительная библиотека*, *Библиотека трубопроводной арматуры*, *Библиотека элементов сосудов и аппаратов*, *Библиотека построения разверток*, *Библиотека электродвигателей*, *Компас Shaft Plus*, *Компас Spring*.

2. В *Справочнике конструкционных материалов* появился новый раздел "Справочник зарубежных аналогов сталей", добавлена новая группа "Стали для отливок", расширены группы "Смазки жидкие" и "Смазки пластичные".

3. Появилась *Библиотека проектирования систем вентиляции*, автоматизирующая процесс компоновки воздуховодов систем вентиляции зданий и выпуска проектной документации.

4. Появились библиотеки, позволяющие оформить строительные документы в соответствии с ГОСТ 21.101-97, ГОСТ 21.110-95, ГОСТ 21.602-79.

5. Появилась библиотека *САПР фрез*, предназначенная для проектирования червячных фрез различного назначения и подготовки графической и текстовой документации.

6. Появилась *Библиотека конструктивных элементов сварных швов*, позволяющая формировать изображения конструктивных элементов кромок свариваемых деталей и конструктивных элементов сварных швов в соответствии с ГОСТ 14771-76, ГОСТ 16037-80, ГОСТ 5264-80, ГОСТ 8713-79.

7. Импорт файлов форматов DXF и DWG дополнен следующими новыми возможностями: чтение форм (shape), распознавание стрелок на концах размерных линий и линий-выносок, настройка соответствия толщины линий.

8. Появилась возможность чтения файлов формата PDF (P-CAD) версий 7 и 8.

9. Появилась возможность автоматического отключения библиотек при завершении сеанса работы.

10. Расширен набор команд контекстного меню на выделенных видах чертежа, благодаря чему работа с видами чертежа, особенно ассоциативными, стала более удобной. Контекстное меню теперь может быть вызвано и на виде, выделенном в окне чертежа.

11. Появилась возможность автоматического заключения размерных надписей в скобки, что упрощает ввод размеров изделий с припусками на последующую обработку и размеров совместно обрабатываемых элементов. Возможен более быстрый ввод размерных надписей благодаря возможности сохранения настроек, сделанных при вводе первой из них.

12. При создании нового чертежа возможно автоматическое формирование нового вида с заданным масштабом.

В последней рабочей версии Компас-3D v.14 (рис. 3.14) модернизация коснулась общих программных вопросов, трехмерного моделирования, графических документов, работы с переменными, со свойствами объектов и отчетами, печатью и импортом и экспортом.

Появилась возможность закреплять положение окон и инструментальных панелей. Доработаны закладки документов и системные комбинации клавиш. Появилась возможность объединения окна *Свойства* *Панели* свойств в одно окно. Усовершенствован функционал размещения окон, изменен набор и состав инструментальных панелей. Появилась возможность сохранения файлов в формате ядра (*.c3d) и вставки изображений из других приложений в графические и текстовые Компас-документы через буфер обмена. Вставки рисунков из графических Компас-документов теперь можно через буфер обмена переносить в документы других приложений. Появилась возможность настройки цвета и степени прозрачности фона надписей у курсора.

Числовые параметры операций, выраженные в линейных и угловых величинах, теперь отображаются на экране при создании и редактировании операций в виде линейных и угловых размеров. Появилась возможность работы с допусками в модели. Допуски могут быть назначены на размеры в эскизе и на размеры операций



Рис. 3.14

(т.е. числовые параметры операций, такие, как глубина выдавливания и т.п.). Возможен пересчет размеров модели в пределах поля допуска: по верхнему пределу, по нижнему пределу, в середину поля допуска и с коэффициентом. Появились возможности работы с исполнениями модели, новый инструмент для группировки объектов модели – слои, возможность ввода технических требований в модели. В результате проецирования кривых и ребер модели в эскиз в нем создаются особые объекты – проекционные кривые.

Появилась возможность вариационного прямого моделирования с помощью геометрических и размерных ограничений. Эта технология позволяет модифицировать любую, в том числе импортированную из другой CAD-системы, трехмерную модель без истории построения так же просто и гибко, как и модель, изначально спроектированную в Компас-3D и имеющую информацию о способах и последовательности создания ее объектов (историю построения). Особенностью новой функциональности является возможность комбинировать моделирование на основе истории построения и вариационное прямое моделирование. Вносить изменения в деталь без истории построения можно посредством геометрических и размерных ограничений: *Расстояние*, *Угол*, *Радиус*, *Параллельность*, *Перпендикулярность*, *Инцидентность* (совпадение), *Касание*, *Концентричность*, *Фиксация*. Кнопки вызова команд размещаются на новой инструментальной панели Вариационное моделирование.

Кроме того, доработаны массивы, появился новый тип документа – технологическая сборка (*.t3d), предназначенный для подготовки модели к разработке технологического процесса ее изготовления. Доработан экспорт моделей в формат STEP. Стала возможной запись в формат STEP AP214 – для этого следует выбрать соответствующую строку из списка *Тип файла диалога сохранения файлов*. Доработан импорт из форматов DXF и DWG.

В версии пакета Компас-3D V15 появились инструменты «Компоновочная геометрия», «Копирование геометрии» и «Коллекции геометрии», которые, в совокупности с методикой проектирования «сверху-вниз», могут дать существенное повышение производительности и качества конструкторской работы: при таком подходе вначале определяются основные параметры изделия целиком и производится его схематическая проработка (компоновка). Последующая разработка компонентов изделия опирается

на геометрические построения и ограничения, выполненные на первом этапе. Причем, получая из компоновки необходимую и достаточную информацию для проектирования компонентов, все исполнители могут работать над ними одновременно, не сталкиваясь с коллизиями доступа к документам. Кроме того, методика «сверху-вниз» сокращает количество ошибок, связанных с увязкой компонентов в изделии, и обеспечивает легкость внесения частных изменений в проект на любой стадии готовности.

3.7. Системы bCAD, T-FLEX CAD и ADEM

Среди отечественных разработок также обращают на себя внимание bCAD (ProPro Group), T-FLEX CAD (АО «Топ Системы») и ADEM (Omega Technologies Ltd.).

bCAD – интегрированный пакет для двумерного черчения, объемного моделирования и реалистичной визуализации для инженеров, архитекторов и дизайнеров. Ключевой идеей bCAD и продуктов на базе него является разработка современного программного обеспечения САПР, предназначенного для широкого круга профессиональных пользователей за умеренную цену как программного, так и аппаратного обеспечения, в то же время достаточного для эффективной работы. 32-разрядная архитектура программы обеспечивает максимальную производительность и совместимость с последней и последующими версиями ОС Windows, которые стремительно распространяются в качестве основных платформы для САПР.

Многооконный настраиваемый пиктограммный пользовательский интерфейс bCAD делает освоение системы быстрым а работу в ней простой. Многодокументная архитектура дает возможность одновременно редактировать несколько проектов и быстро производить обмен данных между ними. Одной из отличительных черт bCAD являются развитые встроенные средства визуализации, начиная с режима реального времени с использованием технологии OpenGL и заканчивая фотореалистичским тонированием методом трассировки лучей, в том числе и анимации с подвижной камерой.

Возможен экспорт и импорт чертежей и объемных моделей в форматах AutoCAD и 3D Studio а также использование растровых изображений для текстур поверхностей или в качестве чертежного фона. bCAD предполагает идеологию единого рабочего места про-

ектировщика, позволяющего в единой среде производить весь спектр работ в "сквозном" режиме – от эскиза и чертежа к объемной модели, либо наоборот, от трехмерного представления к плоским проекциям, исполнения технической документации, соответствующей требованиям стандартов, получения реалистичных изображений, подготовки данных для расчетных систем. Для независимых разработчиков и программирующих пользователей имеется возможность программировать bCAD с использованием языка Java, создавая новые инструменты или приложения под ключ.

T-FLEX CAD (АО «Топ Системы») – комплекс программ, предназначенный для параметрического проектирования и моделирования, проектирования сборок и выполнения сборочных чертежей с полным набором функций создания и редактирования.

T-FLEX CAD имеет развитые средства параметрического пространственного моделирования, базирующееся на технологии ACIS, управление чертежно-конструкторской документацией, подготовку данных для систем с ЧПУ и имитацией движения конструкции.

Конструкторская часть системы состоит из трех модулей: T-FLEX CAD LT – автоматизация черчения; T-FLEX CAD 2D – автоматизация проектирования; T-FLEX CAD 3D – трехмерное моделирование. Предлагаемые модули позволяют очень гибко подходить к оснащению рабочих мест для решения производственных задач, учитывая специфику работ на каждом рабочем месте.

Система T-FLEX CAD 2D предлагается для конструкторских подразделений, где необходимо выпускать много похожих чертежей, при проектировании типовых конструкций, где достаточно высока степень повторяемости и многие детали унифицированы. Система достаточно эффективно применяется для вариантного проектирования, создания параметрических сборочных конструкций, и, конечно же, для создания и оформления чертежной документации.

Для создания трехмерной модели используется модуль параметрического трехмерного твердотельного моделирования T-FLEX CAD 3D.

Работа в T-FLEX CAD 3D может осуществляться двумя способами, которые могут быть использованы совместно: от двумерного чертежа к трехмерной модели и от трехмерной модели к чертежам изделия.

Для создания прототипов изделий используются набор трехмерных операций: выталкивание, вращение, линейчатая операция,

лофтинг, трубопровод, сглаживание, булевы операции (сложение, вычитание, пересечение), создание линейных и круговых массивов, отсечение, пружины, спирали. Операция сглаживания позволяет создавать скругления с постоянным и переменным радиусом. При сглаживании с переменным радиусом изменение от начального радиуса к конечному может задаваться как линейным, так и нелинейным законами.

Для получения точных чертежей используется операция проецирования с удалением невидимых линий, операция получения сечений и разрезов.

T-FLEX CAD 3D поддерживает двунаправленную ассоциативность, т.е. изменение параметров чертежа будет приводить к изменению трехмерной модели, а изменение параметров трехмерной модели будет автоматически обновлять чертежи.

Система T-FLEX CAD 3D позволяет работать не только с отдельными трехмерными объектами, но и с трехмерными сборочными моделями. Удобный, интуитивный пользовательский интерфейс вместе со специально разработанными функциями позволяет создавать сложные трехмерные сборочные модели.

Сочетание в T-FLEX CAD 3D функций трехмерного моделирования отдельных деталей, функций проектирования сборочных моделей и всех функций оформления чертежей позволяет T-FLEX CAD 3D не только выдерживать конкуренцию с широко рекламируемыми западными системами, но и по определенным параметрам превосходить их. Уровень параметрических связей не ограничен как при двумерном черчении, так и при трехмерном моделировании. Большой эффект может принести использование баз данных, позволяющих реализовывать в одном чертеже целые каталоги изделий.

Пакет программ **ADEM** (Omega Technologies Ltd. – рис. 3.15) – система сквозного проектирования, решающая широкий спектр задач от формирования облика изделия до подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, включая полный комплект конструкторской и технологической документации. Поддержка стандартов ЕСКД, ANSI, многофункциональность системы, совместно с интуитивно понятным интерфейсом делают возможным применение ADEM как в КБ, так и непосредственно на производ-



Рис. 3.15

стве. Эта глубоко интегрированная система условно разделена на три основных модуля:

1)**ADEM CAD** (конструкторская часть) – универсальный 2D&3D-редактор, обеспечивающий как выпуск качественной конструкторской документации, так и трехмерное твердотельное и поверхностное моделирование, математическим ядром которого является ACIS последнего поколения;

2)**ADEM CAM** (технологическая часть) – подготовка управляющих программ для плоскостной и объемной (до 5X) обработки деталей;

3)**ADEM TDM** (подготовка полных комплектов конструкторской и технологической документации), а также параметризация, работа со сканированными изображениями, адаптация созданных УП для любого оборудования с ЧПУ, трехмерная динамическая симуляция обработки, обмен данными с другими системами.

Все это делает ADEM мощным инструментом конструктора-технолога.

3.8. 3D- и 2D-системы моделирования и выпуска чертежной конструкторской документации

Необходимо также упомянуть и еще целый ряд систем 3D- и 2D-моделирования, разработки чертежной конструкторской документации и подготовки производства.

Autodesk Inventor 2014 (Autodesk Inc.), ориентированный на рынок машиностроения. Построен на принципиально новом архитектурном ядре, независимом от AutoCAD. Предназначен для решения сложных задач при работе над крупными проектами. Максимальная производительность обеспечивается новой адаптивной технологией, использованием графической системы с поддержкой OpenGL позволяющей работать с трехмерными сборками, содержащими более 10 000 компонентов. Удобный пользовательский интерфейс, мультимедийная система обучения и помощи, включающая интерактивные видеовставки, обеспечивают быстрое и легкое обучение работе с программой. Обеспечивается полная совместимость с двухмерными чертежами и трехмерными моделями AutoCAD и Mechanical Desktop.

CADkey(Baystate Technologies, США). 3D-графический пакет для проектирования, твердотельного, поверхностного и каркасного

моделирования, визуализации и документирования простых и сложных деталей и сборочных единиц. 250000 инсталляций в разных странах.

CADdy (ZIEGLER-Informatics GmbH). По функциональным возможностям занимает промежуточное положение между системами низкого и высокого уровней. Предназначена для решения комплексных интегрированных технологий от стадии проектирования до стадии производства в таких областях, как архитектура, проектирование промышленных установок, машиностроение, электроника, оборудование зданий (отопление, вентиляция, сантехника, электротехника), инженерные сети и дороги, геодезия, картография.

SolidEdge (Unigraphics Solutions). Принципиально новая система автоматизированного конструирования, предназначенная для разработки сборочных узлов и геометрического моделирования отдельных деталей. Разработана специально для конструирования изделий машиностроения. Является системой среднего уровня, которая обеспечивает эффективное объектно-ориентированное параметрическое моделирование в среде Windows. Базируется на ядре геометрического моделирования Parasolid.

think3 (think3, Inc.) – САПР для машиностроения среднего уровня. Обеспечивает двумерное проектирование, трёхмерное поверхностное и твердотельное моделирование, проектирование изделий из листовых материалов, ассоциативность двумерного чертежа с трёхмерной моделью, фотореалистичное представление проекта.

MicroStation (Bentley) – профессиональная, высокопроизводительная система для 2D/3D-автоматизированного проектирования при выполнении работ, связанных с черчением, конструированием, визуализацией, анализом, управлением базами данных и моделированием. Обеспечивает практически неограниченными возможностями проектировщиков и конструкторов на платформах DOS, Windows и компьютерах различных типов. MicroStation – система коллективной работы, дающая всем участникам группы гарантию взаимного согласования независимо от аппаратного развития платформ.

Genius (Genius CAD-Software GmbH). Продукты Genius являются программным обеспечением для конструирования в машиностроении и создания чертежей с применением Автокада. **Genius Desktop** – объектно-ориентированная система трёхмерного проектирования машиностроительных деталей и сборок на базе Mechanic

cal Desktop. Пакет предлагает дополнительные и удобные инструменты для нанесения типовых конструктивных элементов, наполнения конструкции стандартными изделиями в виде твёрдотельных моделей и значительно облегчает работу конструктора при управлении компонентами сборки. Располагает библиотеками стандартных деталей в виде готовых параметрических деталей по целому ряду стандартов.

3.9. Системы инженерного анализа (CAE-системы)

Одной из весомых составляющих полномасштабных САПР являются системы инженерного анализа (CAE-системы). По своему назначению CAE-системы очень разнообразны. Однако среди них можно выделить группу пользующихся наибольшим спросом и широко представленных на мировом и российском рынках программного обеспечения. Прежде всего это инструменты конечно-элементного анализа.

Программные средства, использующий этот метод, позволяют рассчитывать прочность и жесткость, напряжения электростатических полей, проводить тепловой анализ и т.п. Однако решение указанных задач требует манипуляций с большими массивами данных, а следовательно, и создания эффективных средств подготовки данных и обработки полученных результатов. Введение интерактивного режима работы существенно упростило и ускорило процесс решения задач. Стало возможным использовать интерактивную графику для ввода и проверки геометрии модели, заданных свойств материала и граничных условий перед началом счета. Графическая информация предоставила возможность удобного визуального контроля результатов решения – зачастую, единственно возможного способа оценки. В связи с этим практически все системы инженерного анализа содержат геометрическую составляющую, причем наблюдается тенденция встраивания расчетных моделей в CAD-модель с ассоциативной связью параметров.

Среди общепризнанных и наиболее востребованных систем можно выделить следующие:

ANSYS (ANSYS, Inc.). Статический и динамический анализ конструкций с учетом геометрической и физической нелинейности, ползучести и пластичности, линейной и нелинейной устойчивости конструкций, стационарных и нестационарных задач тепло-

физики с учетом фазового перехода, гидрогазодинамика, электромагнитные поля (в том числе высокочастотный анализ), акустика, усталость, а также связанные задачи (например, взаимодействие жидкости с конструкцией) и оптимизация.

LS-DYNA3D(LSTC, Livermore Software Technology Corporation). Высоконелинейные и быстротекущие процессы (например, столкновение автомобилей, задачи формования и пр.), сверхпластическое деформирование, разрушение, связанные задачи и др. Более 200 уравнений состояния материалов и 25 контактных алгоритмов.

eta/DYNAFORM(ETA, Engineering Technologies Associates). Специализированная программа для моделирования процессов глубокой листовой штамповки-вытяжки, а также проката листового, профильного, гидроформования.

ICEM CFD. Комплекс средств пре-и-постпроцессинга и модификации сеток, имеющий интерфейсы к CAD-системам и всем расчетным пакетам.

STAR-CD(CD, Computational Dynamics). Специализированная программа для решения задач механики жидкостей и газов. Течения в сложных геометрических границах со свободными поверхностями, нестационарные процессы, фазовые переходы, многокомпонентные течения, кавитационные процессы, химические реакции и физика горения и др.

COMET/Acoustics. Универсальный гранично-конечно-элементный пакет для акустического анализа в области низких и средних частот

AutoSEA. Универсальный пакет расчета распространения акустического шума и вибрации в конструкции для области средних и высоких частот.

ADAMS(MDI, Mechanical Dynamics, Inc.). Расчет динамики и кинематики механических систем (механизмов) произвольного вида. Линейный статический и частотный анализ модели. Специализированные модули для нужд конкретных отраслей промышленности (автомобильная, железнодорожная и т.д.).

Особое место среди указанных программ занимает **CADfix** (FEGS Ltd., Finite Element Graphical Systems). Предназначена для передачи геометрии между CAD/CAM/CAE системами и “лечения” геометрических проблем. Имеет уникальный набор инструментов для восстановления утраченных геометрических примитивов и устранения разрывов в модели и широчайший набор форматов фильтров.

CADfix (FEGS Ltd.). Специализированный пакет для работы с трехмерными геометрическими моделями в CAD/CAE/CAM-системах автоматизированного проектирования: обмен, диагностика, лечение, упрощение, подготовка для экспорта геометрических примитивов (твердых тел, поверхностей, определений NURBS, линий и вершин модели).

Области применения пакета CADfix:

- ☐ обмен геометрическими моделями между CAD/CAE/CAM-системами САПР,
- ☐ исправление «диалектов» формата IGES или других форматов обмена геометрией,
- ☐ превращение проволоочной модели в поверхностную или твердотельную в моделях с утерянной, пропущенной или некорректной топологией,
- ☐ исправление топологических проблем, вызывающих неоднозначность или ошибочное прочтение CAD-системой,
- ☐ упрощение геометрии для систем инженерного анализа,
- ☐ упрощение геометрии для технологических систем,
- ☐ разбивка геометрии на тела простой формы для систем инженерного анализа,
- ☐ превращение устаревших поверхностных моделей в твердотельные,
- ☐ превращение электронных чертежей устаревших форматов в твердотельные модели,
- ☐ повышение качества сплайнов.

Инструменты пакета CADfix для работы с геометрическими моделями.

Интеллектуальное меню передачи геометрии . Этот инструмент предназначен для случая, когда необходимо передать геометрическую модель из одной CAD/CAE/CAM системы в другую, не вдаваясь в тонкости диагностики, исправления и подготовки геометрии.

Диагностика. Этот инструмент производит диагностику ошибок в геометрической модели с учетом информации о том, для передачи в какую CAD/CAE/CAM-систему, она должна быть подготовлена.

Исправление геометрии . Этот инструмент предназначен для исправления ошибок или замены nereкомендуемых элементов

геометрической модели. Существует 10 контролируемых категорий:

- ☐ наличие NURBS-сплайна без привязанной к нему грани модели;
- ☐ наличие дублирующих (в пределах установленного допуска) точек, кромок, поверхностей, сплайнов;
- ☐ наличие пересечений линий в пределах допуска без существующей точки геометрии;
- ☐ наличие неиспользуемых в иерархии модели примитивов;
- ☐ целостность геометрии (правильное определение NURBS-сплайна, правильная связь сплайна с его гранью, отсутствие вырожденных элементов и т.д.);
- ☐ проверка топологии. Программа предлагает построить грань, если есть замкнутый цикл кромок, и твердое тело, если есть замкнутое множество поверхностей;
- ☐ редактирование NURBS-сплайнов: понижение степени, исправление вырожденных (треугольных) сплайнов, приведение к аналитическому виду (плоскость, сфера, тор, конус), устранение разрывов и т.д.;
- ☐ исправление "уводов" геометрии: отклонений кромок от NURBS-сплайна, резких «выбоин» на гладкой поверхности;
- ☐ исправление определений граней, которые не имеют сопоставленного с ним NURBS-сплайна;
- ☐ поиск и замена цепочки малоразмерных отрезков плавной кривой.

Трансформация геометрии . Объединение линий и поверхностей, слияние точек (автоматическое – в пределах заданного допуска или управляемое – указанием точек «вручную»).

Информация о модели . Информация о геометрии модели: габаритные размеры, количество примитивов, единица измерения (если установлена форматом).

История создания модели . Информация о истории создания модели и ее редактировании.

Текстовый просмотр описания геометрии. Инструмент позволяет в текстовом виде просмотреть всю информацию о примитиве: определение, зависимые объекты, и др.

Измерение расстояний . Измерение расстояний между точками, вычисление длин линий и др.

Плоское рассечение . Рассечение линий, поверхностей и тел плоскостью.

Рассечение тел . Рассечение тел произвольной поверхностью.

Рассечение поверхностей . Рассечение поверхности произвольной линией.

Построение примитивов . Построение новых примитивов в соответствии с иерархией: точек по координатам, кромок описанием точек, граней описанием кромок, сплайнов NURBS описанием аналитического (плоскость, шар, тор, конус) или кинематического (указанием направляющих и образующих) вида, твердых тел описанием граней.

Работа с подмножествами . Выделение части примитивов модели в подмножество для отдельной работы с ними.

Экспорт . Экспорт геометрии в заданный геометрический формат.

Меню CAE . Создание сетки из тетраэдров и гексаэдров, подготовка граничных условий и просмотр результатов для систем инженерного анализа.

3.10. Системы технологической подготовки производства (САМ-системы)

Последним технологическим звеном в сквозной CAD/CAM/CAE-технологии является подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ и изготовление изделий. Удельный вес этого этапа весьма значителен, и поэтому к САМ-модулям предъявляются очень серьезные требования. По сути дела, САМ-модули представляют собой функциональную интегрированную среду, поддерживающую технологические процессы многокоординатного фрезерования, сверления, токарной и электроэрозионной обработки, производства литейных форм, пресс-форм и штампов и т.д. Среди полномасштабных систем в области САМ-технологии неизменным лидером является **Unigraphics**.

Она позволяет использовать достаточно сложный профильный инструмент, например, такой как конические фрезы для 5-координатной обработки. Модуль Lathe обеспечивает все функции для

обработки тел вращения и содержит в себе процедуры для черновой и чистовой обработки, проточки канавок, сверления и нарезания резьбы. Возможен контроль скорости подачи инструмента и частоты вращения шпинделя.

Модули Planar Milling, Fixed-Axis Milling и Variable-Axis Milling предлагают средства для обработки деталей 2-5-координатным фрезерованием. Пользователь может легко определять недообработанные поверхности, что дает возможность провести дообработку этих областей.

Симулируется траектория движения инструмента и создается файл, описывающий эту траекторию. Очень полезен в производстве пресс-форм и штампов модуль Core & Cavity Milling, обеспечивающий все возможности для черновой обработки одной или нескольких полостей и удаления большого количества материала вокруг элементов произвольной формы, таких как матрицы и пуансоны. Функция обработки полостей позволяет обрабатывать элементы, имеющие множественные разрывы и наложения поверхностей, которые иногда возникают при передаче геометрии из других систем. Интересен модуль Unisim, дающий возможность визуализации, предназначенной для симуляции процесса механообработки в режиме, наиболее приближенном к реальному производству.

Мощные средства конструирования и обработки изделий из листового металла (Sheet Metal Design/Fabrication/Nesting) позволяют определять и симулировать последовательность операций, разворачивать и сгибать модели и генерировать точные данные о деталях из листового металла. Существующие функции позволяют автоматизировать операции вырубки для таких элементов, как круглые и прямоугольные отверстия, оптимально раскладывать множество копий различных деталей на листовую заготовку, оптимизировать смену инструмента и вырубку деталей, чтобы минимизировать перемещения листа.

Часто технологическая часть представляет собой отдельные модули, которые создаются по заказу разработчиков систем CAD/CAM/CAE/PDM. Таким хорошим примером, являются модули MoldBase, MoldWorks, CAMWorks, используемые совместно с системой SolidWorks, отдельные CAM-системы, которые ориенти-

рованы исключительно на технологическую часть. Среди них можно выделить следующие:

Mastercam(CNC Software, США). Mastercam представляет собой CAD/CAM-систему среднего уровня (с ядром ACIS), предназначенную для автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства. Обычно Mastercam применяется для высокоточного изготовления высококачественных деталей. В частности, она обеспечивает 2-5-координатное фрезерование, токарную, эрозионную и лазерную обработку, проектирование пресс-форм, трехмерное конструирование, оформление чертежей и моделирование поверхностей. Особенностью Mastercam является ассоциативность, т.е. поддержка устойчивой параметрической связи траектории инструмента непосредственно с геометрией модели (при изменении геометрии управляющая программа для станка будет пересчитываться автоматически). Безусловной необходимостью для пакета технологической подготовки производства является наличие возможности обмена данными с CAD-системами. В системе Mastercam есть полный набор двусторонних трансляторов для работы с форматами IGES, Parasolid, ACIS, CADL, DXF, DWG, VDA, CATIA, Pro/Engineer. Единственное, в чем Mastercam уступает «чистым» CAD-системам (по мнению отраслевых аналитиков), так это некоторая ограниченность средств для подготовки конструкторской документации.

Cimatron (Cimatron Ltd., Израиль). Cimatron – интегрированная CAD/CAM-система, предоставляющая полный набор средств для конструирования изделий, разработки чертёжно-конструкторской документации, инженерного анализа, создания управляющих программ для станков с ЧПУ. Cimatron удовлетворяет запросам и требованиям самого широкого круга пользователей, работает на различных платформах, в том числе на персональных ЭВМ.

SolidCAM(CADTECH, Израиль). Пакет генерации управляющих программ для станков с ЧПУ при обработке деталей, содержащих сложную поверхностную или твердотельную геометрию. Обеспечивает 2,5- и 3-осевую фрезерную обработку, токарную обработку, визуализацию процесса обработки.

PEPS (Camtek Ltd., Великобритания). САМ – система для автоматизированной подготовки фрезерной, токарной, лазерной, электроэрозионной обработки деталей.

Спрут (АО "Спрут-Технология", Россия). Система технологического проектирования.

Заслуживает внимания САМ-система **Гемма-3D**, предназначенная для разработки программ обработки на станках с ЧПУ наиболее сложных деталей изделий машиностроения, изготавливаемых с помощью фрезерования, сверления и электроэрозионной резки. Система может применяться при подготовке производства совместно с пакетом Компас-3D, в котором выполняется конструирование деталей с последующей передачей информации в Гемму для подготовки УП. Задание плоских контуров и поверхностей может также выполняться с помощью встроенных геометрических 2D- и 3D-редакторов. В качестве элементов контура могут использоваться отрезок, дуга, окружность, участок эллипса, архимедовой спирали или эвольвенты, кривая второго порядка и сплайн. Сервисные средства 2D-редактора позволяют выполнять вспомогательные построения, задавать команды сдвига, поворота, масштабирования, зеркального отображения, автоматически строить скругления, эквидистантные контура и траекторию движения инструмента при выборке колодца или кармана. Средства геометрического 3D-редактора обеспечивают построение пространственных кривых и поверхностей. Класс поверхностей системы Гемма-3D включает в себя линейчатые поверхности, поверхности вращения и бикубические поверхности Кунса. Поверхность изображается на экране сеткой линий. 3D-редактор имеет набор сервисных команд для редактирования геометрических данных и управления изображением (выбор любой проекции, окно, поворот, масштабирование и др.). После задания геометрии обрабатываемых поверхностей и участков подхода-отхода технолог указывает необходимый инструмент и технологические режимы обработки. Система формирует траекторию движения инструмента и управляющую программу для выбранной модели системы ЧПУ и станка. Траекторию можно просмотреть на экране в режиме графического контроля. Гемма-3D включает широкий набор постпроцессоров для различных систем ЧПУ и станков, а также средства обслуживания архивов исходных и управляющих программ.