**Технологии проектирования в инженерных средах**

Реферат выполнили студенты Логачёв А. А., Денисова О. Н., Группа 7121

Московский Государственный Индустриальный Университет

Кафедра : Информационные системы и технологии

Дисциплина : Теория автоматизированного управления

Москва, 2001

**Введение**

ЭВМ прочно вошли в нашу производственную деятельность и в настоящее время нет необходимости доказывать целесообразность использования вычислительной техники в системах управления технологическими процессами, проектирования, научных исследований, административного управления, в учебном процессе, банковских расчетах, здравоохранении, сфере обслуживания и т.д.

При этом последние годы как за рубежом, так и в нашей стране характеризуются резким увеличением производства мини- и микро-ЭВМ (персональные ЭВМ).

На основе мини и персональных ЭВМ можно строить локальные сети ЭВМ, что позволяет решать сложные задачи по управлению производством.

Исследования показали, что из всей информации, образующейся в организации, 60-80% используется непосредственно в этой же организации, циркулируя между подразделениями и сотрудниками, и только оставшаяся часть в обобщенном виде поступает в министерства и ведомства. Это значит, что средства вычислительной техники, рассредоточенные по подразделениям и рабочим местам, должны функционировать в едином процессе, а сотрудникам организации должна быть поставлена возможность общения с помощью абонентских средств между собой, с единым или распределенным банком данных. Одновременно должна быть обеспечена высокая эффективность использования вычислительной техники.

Решению этой задачи в значительной степени способствовало появление микроэлектронных средств средней и большой степени интеграции, персональных ЭВМ, оборудования со встроенными микропроцессорами. В результате наряду с региональными сетями ЭВМ, построенными на базе крупных ЭВМ и распределенных на большой территории, появились и находят все большее распространение так называемые локальные вычислительные сети (ЛВС), представляющие собой открытую для подключения дополнительных абонентских и вычислительных средств сеть, функционирующую в соответствие с принятыми протоколами (правилами). Устройства обработки, передачи и хранения в ЛВС располагаются друг от друга на расстоянии до нескольких километров, т. е. в пределах одного или группы зданий. Взаимодействие устройств ЛВС осуществляется по единому каналу связи (моноканалу), обеспечивающему высокую скорость передачи информации (до 10-15 Мбит/с). В сеть могут объединяться ЭВМ как одних типов (однородные сети) или разных типов (неоднородные сети), так и разной производительности. Однородные сети проще и дешевле, так как для их создания требуются относительно простое оборудовании программное обеспечение, не требующие большого числа типов средств сопряжения. Это значит, что такие сети создать проще и дешевле.

ЛВС являются в настоящее время универсальной базой современной индустрии обработки информации и характеризуются большим разнообразием методов построения любых видов информации. Концепция локальных сетей ЭВМ является одной из самых полезных системных концепций, возникших в результате длительных научных исследований и прогресса в области микроэлектроники.

ЛВС позволяет небольшим предприятиям воспользоваться возможностью объединения персональных, микро- и мини-ЭВМ в единую вычислительную сеть, а крупным предприятиям - освободить вычислительный центр от некоторых функций по обработке информации "цехового значения" и обеспечить их решение в цехе, отделе. Кроме того, эксплуатация сети одним заказчиком позволит упростить решение вопроса о закрытии информации. Использование ЛВС дает высокий экономический эффект. Например, создание сквозного маршрута проектирования микропроцессоров на базе ЛВС позволило уменьшить сроки разработки на 35 % и одновременно снизить стоимость на 48 %. При этом специалисты - разработчики могут находиться на своих рабочих местах и вести совместное проектирование с использованием абонентских средств. "Узкие" места изделия определяются при проектировании, что позволило сократить объем работ при доводке изделия до промышленного образца в 2 раза. Одновременно обеспечивается автоматизация разработки документации.

По своей архитектуре (структуре) ЛВС являются упрощенным вариантом архитектуры региональных и глобальных сетей ЭВМ и могут создаваться на базе любых ЭВМ. Внедрение ЛВС доступно массовому пользователю и позволяет создать в организациях и учреждениях распределенные вычислительные мощности и базы данных, информационно-поисковые и справочные службы, объединить в единую систему автоматизированные рабочие места, печатающие и копирующие устройства, графопостроители, кассовые аппараты и т. д. ЛВС позволяют повысить надежность обработки информации благодаря дублированию ресурсов сети, обеспечить редактирование писем, справок, отчетов, осуществить обмен документами без распечатки их на бумажном носителе, вести бухгалтерский и складской учет, осуществить управление роботами, машинами, станками, передачи информации в заданное время, использовать систему приоритетов, направлять циркулярные распоряжения всем, некоторым, или одному подразделению организации, проводить телевещания.

По мере развития ЛВС можно изменить ее конфигурацию, объединить с другими ЛВС (например на крупном предприятии или объединении), подключить ЛВС к региональной вычислительной сети, что позволит реализовать интегрированные автоматизированные системы управления (АСУ). На определенном этапе развития ЛВС может стать безбумажным бюро, в котором информация записывается на магнитные диски, ленты с возможностью при необходимости получения твердой копии и ее размножения, а также, наоборот, получения машинных носителей с твердой копии.

Из всего многообразия ЛВС условно можно разделить на четыре группы:

1) ориентированные на массового потребителя и строящиеся, в основном, на базе персональных ЭВМ;

2) включающие, кроме персональных ЭВМ, микро-ЭВМ и микропроцессоры, встроенные в средства автоматизированного проектирования и разработки документальной информации, электронной почты;

3) построенные на базе микропроцессорных средств, микро и мини-ЭВМ и ЭВМ средней производительности;

4) создаваемые на базе всех типов ЭВМ, включая высокопроизводительные.

Первые из них применяются в учебных процессах, торговле, мелких и средних учреждениях, вторые - в системах автоматизированного проектирования и конструирования (САПР), о чем мы будем говорить ниже, третьи - в автоматизированных системах научных исследований (АСНИ), управления сложными производственными процессами и гибких автоматизированных производствах, четвертые - в системах управления крупным производством, отраслью.

Внедрение локальных вычислительных сетей окажет серьезное влияние на организацию производства, где информационно-управляющие системы будут связаны с автоматизированными технологическими системами. Одновременно ЛВС, ориентированные на автоматизацию основных направлений деятельности предприятий, могут быть связаны с системами обработки информации объединений, главков, министерств.

При этом будет значительно повышена скорость обмена информацией на всех уровнях управления, т.е. будет создана иерархическая сеть обмена информацией.

При решении вопроса о создании ЛВС должно быть проведено обследование объекта автоматизации и определены количество и тип устройств, включаемых в сеть, условия эксплуатации сети, расстояния между объектами сети, интенсивность потока данных, максимальная скорость передачи данных, необходимость обеспечения приоритетности обслуживания абонентов сети, максимальное время ожидания для оператора рабочей станции, необходимость реализации режима диалога, должна ли данная ЛВС соединяться с дру- гой ЛВС или региональной сетью ЭВМ, какие задачи будут решаться с помощью ЛВС, какими должны быть уровень надежности и время восстановления работоспособности после выхода какого-либо компонента сети из строя, необходимость расширения или изменения конфигурации сети в будущем, затраты на создание и эксплуатацию сети и другие параметры.

Структура ЛВС должна четко соответствовать организационной структуре объекта автоматизации и его информационным связям, а также учитывать полный спектр проблем, связанных с ее использованием в течение периодов максимальной нагрузки. Это значит, что на каждую ЛВС для конкретного объекта необходимо иметь проектную документацию, ориентированную на промышленные технические и программные средства.

Для решения проблемы массового внедрения локальных сетей ЭВМ промышленными министерствами в соответствии с единой нормативной документацией и ГОСТ должен быть создан ряд комплексов технических и программных средств для ЛВС, ориентированных на разное максимальное число под- ключаемых к сети узлов и скорость передачи информации с технико-экономическими характеристиками на уровне лучших образцов и обеспечена поставка их потребителям как комплектных изделий производственно-технического назначения.

При этом должны быть разработаны средства сопряжения с ЛВС широкой номенклатуры средств вычислительной техники, имеющейся у потребителей и планируемой к освоению в производстве. Наиболее реальным направлением решения этой проблемы является организация выпуска специализированных СБИС.

Решение указанных выше проблем безусловно окажет серьезное влияние на эффективность всего народного хозяйства.

Как известно, главными системными применениями вычислительной техники являются автоматизированные системы управления экономико-организационного типа (ОАСУ, АСУП и т.п.) системы автоматизации проектирования и конструирования (САПР), информационно-поисковые системы и системы управления сложными технологическими процессами (АСУТП).

Остановимся кратко на последних (по перечислениям, а не по важности) системах, так как они дают наибольший социальный и экономический эффект.

Сегодня технологические процессы постоянно усложняются, а агрегаты, реализующие их, делаются все более мощными. Например, в энергетике действуют энергоблоки мощностью 1000-1500 МВт, установки первичной переработки нефти пропускают до 6 млн. т. сырья в год, работают доменные печи объемом 3.5-5 тыс. кубометров, создаются гибко перестраиваемые производственные системы в машиностроении.

Человек не может уследить за работой таких агрегатов и технологических комплексов и тогда на помощь ему приходит АСУ ТП. В АСУ ТП за работой технологического комплекса следят многочисленные датчики-приборы, изменяющие параметры технологического процесса (например, температуру и толщину прокатываемого металлического листа), контролирующие состояние оборудования (температуру подшипников турбины) или определяющие состав исходных материалов и готового продукта. Таких приборов в одной системе может быть от нескольких десятков до нескольких тысяч.

Датчики постоянно выдают сигналы, меняющиеся в соответствии с измеряемым параметрам(аналоговые сигналы), в устройство связи с объектом (УСО) ЭВМ. В УСО сигналы преобразуются в цифровую форму и затем по определенной программе обрабатываются вычислительной машиной.

ЭВМ сравнивает полученную от датчиков информацию с заданными результатами работы агрегата и вырабатывает управляющие сигналы, которую через другую часть УСО поступают на регулирующие органы агрегата. Например, если датчики подали сигнал, что лист прокатного стана выходит толще, чем предписано, то ЭВМ вычислит, на какое расстояние нужно сдвинуть валки прокатного стана и подаст со- ответствующий сигнал на исполнительный механизм, который переместит валки на требуемое расстояние.

Системы, в которых управление ходом процесса осуществляется подобно сказанному выше без вмешательства человека, называются автоматическими. Однако, когда не известны точные законы управления человек вынужден брать управление (определение управляющих сигналов) на себя (такие системы называются автоматизированными). В этом случае ЭВМ представляет оператору всю необходимую информацию для управления технологическим процессом при помощи дисплеев, на которых данные могут высвечиваться в цифровом виде или в виде диаграмм, характеризующих ход процесса, могут быть представлены и технологические схемы объекта с указанием состояния его частей. ЭВМ может также "подсказать" оператору некоторые возможные решения.

Чем сложнее объект управления, тем производительнее, надежнее, требуется для АСУ ТП вычислительная машина. Чтобы избежать всё увеличивающегося наращивания мощности ЭВМ сложные системы стали строить по иерархическому принципу. Как правило, в сложный технологический комплекс входит несколько относительно автономных агрегатов, например, в энергоблок тепловой электростанции входит парогенератор (котел), турбина и электрогенератор. В иерархической системе для каждой составной части создается своя локальная система управления, как правило, автоматическая на базе микропроцессорной техники. Теперь, чтобы все части работали как единый энергоблок, необходимо скоординировать работу локальных систем. Это осуществляется ЭВМ, устанавливаемой на пульте управления блоком. Для этого уже потребуется небольшая вычислительная машина.

Перспективные АСУ ТП имеют ряд характерных признаков. Прежде всего это автоматические системы, осуществляющие автоматическое управление рабочим режимом, а также пуском и остановом оборудования (режимами, на которые при ручном управлении приходится наибольшее число аварийных ситуаций из-за ошибок операторов).

В системах предусматривается оптимизация управления ходом процесса по выбранным критериям. Например, можно задать такие параметры процесса, при которых стоимость себестоимость продукции будет минимальной, или, при необходимости, настроить агрегат на максимум производительности, не считаясь с некоторым увеличением расхода сырья и энергоресурсов на единицу продукции.

Системы дожны быть адаптивными, т.е. иметь возможность изменять ход процесса при изменении характеристик исходных материалов или состояния оборудования.

Одним из важнейших свойств АСУ ТП является обеспечение безаварийной работы сложного технологического комплекса. Для этого в АСУ ТП предусматривается возможность диагностирования технологического оборудования. На основе показаний датчиков система определяет текущее состояние агрегатов и тенденции к аварийным ситуациям и может дать команду на ведение облегченного режима работы или остановку вообще. При этом оператору представляют данные о характере и местоположении аварийных участков.

Таким образом, АСУ ТП обеспечивают лучшее использование ресурсов производства, повышение производительности труда, экономию сырья, материалов и энергоресурсов, исключение тяжелых аварийных ситуаций, увеличение межремонтных периодов работы оборудования. Вот несколько примеров.

АСУ ТП электролиза алюминия позволяет экономить примерно 250 кВт-ч. электроэнергии на каждую тонну выплавленного металла. Этой энергии достаточно, для питания всех электроприборов в двухкомнатной квартире в течение месяца.

Автоматизация с применением ЭВМ установок первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ6 обеспечивает увеличение выхода светлых нефтепродуктов (бензина, керосина, дизельного топлива) на 30 тыс.т. в год за счет оптимизации ведения технологического процесса.

Большой эффект в машиностроении дают гибкие производственные системы (ГПС), состоящие из стыков с числовым программным управлением, автоматизированных складских и транспортных систем, управляемых при помощи ЭВМ. Создание ГПЦ цеха на Днепропетровском электровозостроительном заводе позволило в 3.3 раза повысить производительность труда, высвободить 83 человека и сократить парк станков на 53 единицы. Кратко остановимся на основах организации и принципах построения гибких производственных систем.

**1. Основы организации гибких производственных систем**

Гибкая производственная система - совокупность в разных сочетаниях технологического оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. Она обладает свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры.

По организационной структуре ГПС имеют следующие уровни:

- гибкая автоматизированная линия (ГАЛ)

- гибкий автоматизированный участок или гибкий производственный комплекс (ГАУ или ГПК)

- гибкий автоматизированный цех (ГАЦ).

Гибкая автоматизированная линия - гибкая производственная система, в которой технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

Гибкий автоматизированный участок - гибкая производственная система, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменении последовательности использования технологического оборудования. Обе эти системы (ГАЛ и ГАУ) могут содержать отдельно функционирующие единицы технологического оборудования.

Гибкий автоматизированный цех - гибкая автоматизированная система, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Предусмотрены также гибкие производственные комплексы (ГПК), представляющие собой гибкую производственную систему, состоящую из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления и автоматизированной транспортно-складской системой, автономно функционирующую в течение заданного интервала времени и имеющую возможность встраивания в систему более высокой ступени автоматизации.

В соответствии с ГОСТ 26228-85 в ГПС имеются следующие составные части:

Гибкий производственный модуль (ГПМ) - единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, и имеющая возможность встраивания в гибкую производственную систему.

В общем случае средства автоматизации ГПМ представляют собой накопители, спутники, устройства загрузки и выгрузки, устройства удаления отходов, устройства автоматизированного контроля, включая диагностирование, устройства переналадки и т.д. Частным случаем ГПМ является роботизированный технологический комплекс при условии возможности его встраивания в систему более высокого уровня.

Средства обеспечения функционирования ГПС - совокупность взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление гибкой производственной системой и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки.

В ГПС входят также автоматизированная система управления производством (АСУП), автоматизированная транспортно складская система (АТСС), автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО), система автоматизированного контроля (САК), автоматизированная система удаления отходов (АСУО) и т.д.

**2. Принципы построения гибких производственных систем**

В своем законченном идеальном виде ГПС являются высшей, наиболее развитой формой автоматизации производственного процесса.

Можно сформулировать основные принципы организации ГПС.

Принцип совмещения высокой производительности и универсальности предполагает на данном уровне развития электронного машиностроения создание универсальности и автоматизации в программно-управляемом и программно перенастраиваемом оборудовании. Гибкие производственные системы, сравнимые по производительности с автоматическими линиями, а по гибкости - с универсальным оборудованием, открывают огромные возможности для интенсификации производства. Например, автоматизация трансформаторного производства в электронной промышленности осложнена большим конструктивно-технологическим разнообразием его продукции. Именно это потребовало создания систем с гибко перестраиваемой технологией.

Принцип модульности ГПС строится на базе гибких производственных модулей. Типовые модули ГПС разработаны для основных видов производств изделий электронной техники.

Принцип иерархичности ГПС предусматривает построение многоуровневой структуры. На самом нижнем уровне находятся гибкие автоматизированные модули, на высших уровнях - гибкие автоматизированные линии, участки, цехи, предприятия в целом. Модульность и иерархичность позволяют разрабатывать ГПС для самого высокого организационно структурного уровня.

Принцип преимущественной программной настройки. Оборудование ГПС, как основное, так и вспомогательное, при смене изделий перенастраивается путем ввода новых управляющих программ модулей. Перенастройка модулей вручную допустима в минимальных объемах и только в случаях очевидной экономической неэффективности реализации программной перенастройки.

Принцип обеспечения максимальной предметной замкнутости производства на возможно более низком уровне структуры ГПС позволяет свести к минимуму затраты на транспорт и манипулирование. Одновременно достигается снижение количества операций при общем повышении гибкости ГПС.

Принцип совместимости технологических, программных, информационных, конструктивных, энергетических и эксплуатационных элементов. Технологическая совместимость обеспечивает технологическое единство и взаимозаменяемость компонентов автоматизированного производства. Она предопределяет необходимость выполнения определенных требований к изделию, технологии, технологическому оборудованию.

Изделие должно быть максимально технологично с точки зрения возможности автоматизации его производства, например, для распознавания, ориентации и позиционирования деталей при автоматической сборке необходимо предусматривать в них специальные отличительные признаки: реперные знаки, характерные отличительные внешние формы и др. Кроме того, изделия должны обладать высокой степенью конструктивного и технологического подобия, необходимого для организации группового производства.

Достигается это требование унификацией технологии производства изделий и их полуфабрикатов, конструкции деталей, комплектующих и изделий в целом.

В свою очередь, все компоненты ГПС: приспособления, оснастка, автоматические устройства загрузки-выгрузки, оборудование - должны в наивысшей степени удовлетворять требованиям гибкой автоматизации.

Информационная совместимость подсистем ГПС обеспечивает их оптимальное взаимодействие при выполнении заданных функций. Для ее достижения вводятся в действие стандартные блоки связи с ЭВМ, выдерживается строгая регламентация входных и выходных параметров модулей на всех иерархических уровнях системы, входных и выходных сигналов для управляющих воздействий.

В условиях постоянного повышения стоимости программного обеспечения больших систем, во все больших пропорциях превышающей стоимость технических средств, особенно важное значение приобретает внутри- и межуровневая программная совместимость оборудования.

Конструктивная совместимость обеспечивает единство и согласованность геометрических параметров, эстетических и эргономических характеристик. Она достигается созданием единой конструктивной базы для функционально подобных модулей всех уровней при условии обязательной согласованности конструкций низших иерархических уровней с конструкциями высших уровней.

Эксплуатационная совместимость обеспечивает согласованность характеристик, определяющих условия работы оборудования, его долговечность, ремонтопригодность, надежность, и метрологических характеристик, а также соответствие требованиям электронно-вакуумной гигиены, технологического микроклимата и т.д.

Энергетическая совместимость обеспечивает согласованность потребляемых энергетических средств: воды, электроэнергии, сжатого воздуха, жидких газов, вакуума и т.д. При комплектовании ГПС необходимо стремиться к минимальному количеству разновидностей применяемых видов энергии.

Выбору объекта для создания ГПС предшествует анализ производственного процесса на данном предприятии с целью определения соответствия его организационно-технологической структуры принципам группового производства, т.е. определения степени готовности предприятия к созданию ГПС.

Как уже отмечалось, основными компонентами ГПС являются: гибкий производственный модуль (ГПМ), автоматические складская и транспортная системы (АСС и АТС) и система автоматизированного управления.

Гибкий производственный модуль должен выполнять в автоматическом режиме следующие функции:

- переналадку на изготовление другого изделия;

- установку изделий, подлежащих обработке в технологическом оборудовании, и выгрузку готовых изделий;

- очистку установок от отходов производства;

- контроль правильности базирования и установки обрабатываемого изделия;

- контроль рабочих сред и средств, осуществляющих обработку, а также формирование корректирующих воздействий по результатам контроля;

- замену средств обработки и рабочих сред;

- контроль параметров, обрабатываемого изделия и формирование корректирующих воздействий по результатам контроля;

- автоматическое управление технологическим процессом на основе принятых критериев эффективности;

- связь с верхним уровнем управления с целью обмена информацией и приема управляющих воздействий;

- диагностику технического состояния и поиск неисправностей.

Применение автоматической складской системой в ГПС необходимо для хранения запаса объектов обработки, инструмента, приспособлений, материалов в связи с тем, что при многономенклатурном производстве невозможно организовать обработку различных партий деталей в едином ритме, подобно автоматическим линиям с жестким циклом. Автоматическая складская система используется в качестве организующего звена.

**3. Состояние рынка САПР, или что изменилось на работающем промышленном предприятии.**

За последние 7-8 лет промышленными предприятиями накоплен немалый автоматизации локальных служб конструкторских и технологических подразделений. Несмотря на ограниченное применение средств САПР в реальной работе, результат очевиден - уровень владения новыми технологиями, знание различных прикладных систем, приобретенный реальный опыт работы плюс сотни (тысячи) разработанных чертежей, управляющих программ, моделей и т.п. Практически на каждом предприятии используются сети, ширится применение телекоммуникационных технологий (электронной почты, ИНТЕРНЕТ).

Автоматизированные системы проектирования постепенно, но все же становятся обычным и привычным инструментом конструктора, технолога, расчетчика. Конкурировать иначе в условиях, когда сроки являются основным требованием заказчика, не представляется возможным. И хотя психологически руководителю отечественного промышленного предприятия трудно свыкнуться с мыслью, что дискеты с программами могут стоить дороже оборудования, это нисколько не удивительно, ибо интеллектуальный продукт является плодом многолетних научных, исследовательских и практических работ целого коллектива и колоссальных финансовых вложений. Надо осознать, что не только аппаратные, но и программные средства компьютеризации являются такими же важнейшими частями и ресурсами научно-производственного процесса, как персонал, сырье или электроэнергия.

Стремительно развивающаяся компьютерная индустрия и выход новейших операционных систем WINDOWS 95 и WINDOWS NT 4.0 явно обозначили новый виток гонки информационных технологий. За видимой частью айсберга (измененный интерфейс, пиктограммные меню, удобная и наглядная работа с файлами) надо видеть главное - WINDOWS не ограничивается красивым оформлением, это качественно новый уровень работы пользователя, архитектуры комплекса, тесная интеграция разнородных систем, встроенные сетевые возможности и многое другое. Здесь стали реальностью многие задачи, решение которых в среде DOS в принципе не представлялось возможным.

Наметилось явное изменение структуры рынка САПР. Приобретение мощных дорогостоящих систем, требующих высокого уровня персонала, не решает всех проблем конструкторских и технологических служб. Тезис “мы купим 7 больших пакетов и нам больше ничего не надо” не оправдывается, а затраченные денежные средства зачастую не окупаются. Выход видится опять же в интеграции, позволяющей к тому же решать задачи при минимуме вложений. Появление в последнее время новой генерации систем среднего класса типа SolidWorks , тесно интегрированными с чертежной графикой, существующими технологическими и расчетными приложениями, позволяет говорить о том, что 50-80% задач можно решить при качественно меньших затратах. Можно прогнозировать передел рынка CAD/CAM, захват определенной его части, принадлежащей исключительно тяжелым системам, а также притеснение балансирующего между легким и средним классом AutoCAD.

**4. Новейшие средства конструкторского твердотельного моделирования SolidWorks**

Ярко выраженная полярность систем программного обеспечения САПР, существовавшая долгие годы, предлагала на выбор или мощные дорогостоящие “тяжелые” системы (класса CATIA, EUCLID, CADDS5, Рro/Engineer, Unigraрhics) или “легкие” продукты, в основном отвечающие за выпуск чертежно-конструкторской документации или обеспечивающие ограниченное твердотельное моделирование. Появившиеся за последний год на рынке новейшие системы конструкторского моделирования заполняют этот вакуум и предлагают мощные решения среднего уровня в ценовом диапазоне $6000-$8000 за рабочее место. Один из самых заметных программных продуктов, относящихся к новой генерации, является SolidWorks, разработанный американской компанией SolidWorks Corрoration, которая преследовала цель создания массовой системы для каждого конструктора под лозунгом “последние разработки в области CAD/CAM на каждый рабочий стол”. При этом мощный функционал продукта по возможностям конструирования приближает его к системам класса Рro/Engineer и позволяет создавать достаточно сложные трехмерные детали и сборки.

Твердотельное параметрическое моделирование детали базируется на создании дерева построений, отражающего этапы ее формообразования. Исходные примитивы, добавляемые к текущей модели или вычитаемые из нее, формируются на базе плоского эскиза (плоского замкнутого контура без самопересечений), выполненного в произвольно ориентированной плоскости. К ним относятся тела вращения и выдавливания, тела, полученные сопряжением произвольно ориентированных сечений или сдвигом. Мощный аппарат наложения размерных и геометрических связей (ограничений) на геометрические элементы обеспечивают построение параметрической модели с возможностью изменения произвольного параметра, связывания его с значением другого параметра и т.п. Сохраняется неразрывная связь эскиз - твердое тело, дающая возможность при необходимости корректировать модель через изменение её эскиза.

Возможности моделирования включают также в себя построения трёхмерных фасок и скруглений, ребер жесткости и литейных уклонов, создание различными способами полых (тонкостенных) тел, использование мощного аппарата построения вспомогательных плоскостей и осей. В версии SolidWorks-97 появились возможности оперировать трехмерными сплайнами и достаточно сложными поверхностями, которые могут служить ограничением при различных формообразующих операциях или границей отсечения части тела, а для деталей одной толщины выполнять развертку. Ведение файла протокола позволяет отслеживать процесс создания трехмерной модели и вносить в него необходимые изменений. Можно изменить любой параметр модели и через несколько секунд увидеть результаты полной перестройки модели.

Широкие возможности визуализации и создания фотореалистичных изображений с использованием дополнительных источников освещения и регулированием характеристик поверхности материала (отражение или поглощение им света, излучение и шероховатость поверхности) позволяют работать в режиме реального времени с тонированными изображениями модели.

Созданные детали могут объединяться в сборку с заданием ограничений взаимного расположения любых деталей друг относительно друга (соосность, фиксация, совпадение точек и плоскостей и многое другое) и регулировкой характеристик каждой детали.

На основе трехмерного объекта возможно автоматическое создание чертежа детали, состоящего из основных и вспомогательных видов, сложных разрезов и сечений. Поддержка многочисленных форматов обмена позволяет использовать любой чертежно-графический редактор. Вообще следует отметить мощные интеграционные возможности системы, обеспечивающей интерфейс с ведущими технологическими и расчетными приложениями, а существующие средства разработки приложений позволяют стыковать прикладные системы с геометрическим ядром SolidWorks. Новая генерация систем может заметно потеснить дорогостоящие интегрированные системы и существенно снизит количественную потребность их применения. Предлагаемая связка SolidWorks и КОМПАС-ГРАФИК 5 обеспечит мощное конструирование и эффективный выпуск чертежной документации.

**5. SolidWorks 97: от и до.**

Новейшая системы трехмерного проектирования, дающей конструктору качественно новые возможности.

**5.1 SolidWorks «взрывает» рынок CAD/CAM**

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

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

Создатели системы SolidWorks учли все эти требования, и, таким образом, дали возможность десяткам тысяч конструкторов использовать на своих персональных рабочих местах новейшие достижения науки в области технологий CAD/CAM.

**5.2 Пользовательский интерфейс SolidWorks**

В отличие от многих других приложений САПР, созданных для работы на графических станциях с ОС UNIX и уже впоследствии переписанных под Windows, SolidWorks является первой системой твёрдотельного параметрического моделирования, изначально предназначенной для использования на персональных компьютерах под управлением наиболее распространенных операционных систем Windows 95 и Windows NT. При этом возможности твёрдотельного моделирования, реализованные в системе, вполне сопоставимы с возможностями систем «тяжёлого» класса, работающих на платформе UNIX.

SolidWorks 97 «играет» точно по принятым в Windows правилам, к их числу которых можно отнести многооконный режим работы, поддержка стандарта “drag and droр”, настраиваемый пользователем интерфейс, использование буфера обмена и полная поддержка технологии OLE Automation. Являясь стандартным приложением Windows, SolidWorks прост в использовании и, что особенно важно, лёгок в изучении. И разработчики системы совершенно оправданно заявляют, что «если Вы уже знаете Windows, то можете смело начинать проектирование с помощью SolidWorks».

Самое главное, что даёт конструктору SolidWorks 97 - это возможность работать так, как он привык, не подстраиваясь под особенности используемой компьютерной системы. Процесс моделирования начинается с выбора конструктивной плоскости, в которой будет строится двухмерный эскиз. Впоследствии этот эскиз можно тем или иным способом легко преобразовать в твёрдое тело. При создании эскиза доступен полный набор геометрических построений и операций редактирования. Нет никакой необходимости сразу точно выдерживать требуемые размеры, достаточно примерно соблюдать конфигурацию эскиза. Позже, если потребуется, конструктор может изменить значение любого размера и наложить связи, ограничивающие взаимное расположение отрезков, дуг, окружностей и т.п. Эскиз конструктивного элемента может быть легко отредактирован в любой момент работы над моделью.

Пользователю предоставляются несколько различных средств создания объёмных моделей. Основными формообразующими операциями в SolidWorks 97 являются команды добавления и снятия материала. Система позволяет выдавливать контур с различными конечными условиями, в том числе на заданную длину или до указанной поверхности, а также вращать контур вокруг заданной оси. Возможно создание тела по заданным контурам с использованием нескольких образующих кривых (так называемая операция лофтинга) и выдавливанием контура вдоль заданной траектории. Кроме того, в SolidWorks 97 необычайно легко строятся литейные уклоны на выбранных гранях модели, полости в твёрдых телах с заданием различных толщин для различных граней, скругления постоянного и переменного радиуса, фаски и отверстия сложной формы.

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

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

При проектировании деталей, изготовляемых литьём, очень полезной оказывается возможность создания разъёмных литейных форм. Если для работы необходимо использовать какие-либо часто повторяющиеся конструктивные элементы, на помощь приходит способность системы сохранять примитивы в виде библиотечных элементов.

Кроме проектирования твёрдотельных моделей, SolidWorks 97 поддерживает и возможность поверхностного представления объектов. При работе с поверхностями используются те же основные способы, что и при работе с твёрдыми телами. Возможно построение поверхностей, эквидистантных к выбранным, а также импорт поверхностей из других систем с использованием формата IGES.

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

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

**5.3 Создaние эскизa**

Процесс создания модели в SolidWorks начинается с построения опорного тела и последующего добавления или вычитания материала. Для построения тела первоначально строится эскиз конструктивного элемента на плоскости, впоследствии преобразуемый тем или иным способом в твёрдое тело. SolidWorks предостваляет пользователю полный набор функций геометрических построений и операций редактирования. Основное требование, предъявляемое системой к эскизу при работе с твёрдыми телами - это замкнутость и отсутствие самопересечений у контура.

При создании контура нет необходимости точно выдерживать требуемые размеры, самое главное на этом этапе - задать положение его элементов. Затем, благодаря тому, что создаваемый эскиз полностью параметризован, можно установить для каждого элемента требуемый размер. Кроме того, для элементов, входящих в контур, могут быть заданы ограничения на расположение и связи с другими элементами.

**5.4 Создание твердотельной параметрической модели**

SolidWorks содержит высокоэффективные средства твердотельного моделирования, основывающиеся на постепенном добавлении или вычитании базовых конструктивных тел. Эскиз для получения базового тела может быть построен на произвольной рабочей плоскости.

Типовые инструменты для получения базовых тел позволяют выполнить:

выдавливание заданного контура с возможностью указания угла наклона образующей;

вращение контура вокруг оси;

создание твёрдого тела, ограничиваемого поверхностью перехода между заданными контурами;

выдавливание контура вдоль заданной кривой;

построение фасок и скруглений различного вида;

построение уклонов;

создание различного типа отверстий;

получение развёртки тел равномерной толщины.

Основные методы создания твёрдого тела сочетают в себе также возможность комбинации всех перечисленных способов как при добавлении материала, так и при его снятии. Естественный порядок работы конструктора без труда позволяет создавать сложные твёрдотельные модели, состоящие из сотен конструктивных элементов. При необходимости во время работы возможно введение вспомогательных плоскостей и осей для использования в дальнейших построениях.

Параметры всех созданных конструктивных элементов доступны для изменения, так что в любой момент работы можно изменить произвольный параметр эскиза или базового тела и выполнить затем полную перестройку модели.

Кроме создания твёрдых тел, в SolidWorks существует возможность построения различных поверхностей, которые могут быть использованы как для вспомогательных построений, так и самостоятельно. Поверхности могут быть импортированы из любой внешней системы или построены теми же способами, что и твёрдые тела (выдавливание, вращение, переход между контурами и т.п.). Допускается получение слепка любой из поверхностей уже построенного твердого тела.

Режимы визуализации полученной модели позволяют просматривать ее каркасное или реалистичное изображение. Для повышения качества тонированных изображений могут быть изменены физические характеристики поверхности детали (текстуры) и назначены дополнительные источники света.

**5.5 Библиотеки стандартных элементов**

SolidWorks предоставляет возможности создания библиотек стандартных твердотельных моделей. При этом необходимо создать управляющую таблицу с параметрами построенной модели. Строчки таблицы содержат наборы параметров для различных типоразмеров. Впоследствие для получения конкретной детали требуемого типоразмера достаточно будет выбрать нужное значение из списка.

**5.6 Создание сборок**

SolidWorks 97 предлагает конструктору довольно гибкие возможности создания узлов и сборок. Система поддерживает как создание сборки способом “снизу вверх”, т.е. на основе уже имеющихся деталей, число которых может доходить до сотен и тысяч, так и проектирование “сверху вниз”.

Проектирование сборки начинается с задания взаимного расположения деталей друг относительно друга, причем обеспечивается предварительный просмотр накладываемой пространственной связи. Для цилиндрических поверхностей могут быть заданы связи концентричности, для плоскостей - их совпадение, параллельность, перпендикулярность или угол взаимного расположения.

Работая со сборкой, можно по мере необходимости создавать новые детали, определяя их размеры и расположение в пространстве относительно других элементов сборки. Наложенные связи позволяют автоматически перестраивать всю сборку при изменении параметров любой из деталей, входящих в узел. Каждая деталь обладает материальными свойствами, поэтому существует возможность контроля собираемости сборки. Для проектирования изделий, получаемых с помощью сварки, система позволяет выполнить объединение нескольких свариваемых деталей в одну.

**5.7 Управление моделью с помощью Дерева Построений (Feаture Mаnаger)**

Для упрощения работы с трехмерной моделью на любом этапе проектирования и повышения её наглядности в SolidWorks 97 используется Дерево Построений (Feаture Mаnаger) в стиле Проводника Windows 95. Оно представляет собой своеобразную графическую карту модели, последовательно отражающую все геометрические примитивы, которые были использованы при создании детали, а также конструктивные оси и вспомогательные плоскости, на которых создавались двухмерные эскизы. При работе же в режиме сборки Дерево Построений показывает список деталей, входящих в сборку. Обычно Дерево Построений отображается в левой части окна SolidWorks, хотя его положение можно в любой момент изменить.

Feаture Mаnаger предоставляет мощные средства редактирования структуры модели или узла. Он позволяет переопределять порядок следования отдельных конструктивных элементов либо целых деталей, создавать в пределах детали или сборки несколько вариантов конфигурации какого-либо элемента и т.д.

**5.8 Визуализация проектируемых изделий**

Используемая в SolidWorks 97 технология OрenGL позволяет конструктору практически мгновенно получить высококачественные тонированные изображения деталей или сборок, а также динамически вращать их в режиме реального времени. Причем все это доступно без установки на компьютер дорогостоящих дополнительных графических ускорителей.

Кроме того, специальное приложение РhotoWorks даёт возможность создавать фотореалистические изображения построенных объектов. Таким образом, рекламные изображения будущего изделия вполне можно подготовить еще до момента его изготовления. Для того, чтобы представить изделие наиболее наглядно (например, при подготовке презентационного фильма), можно показать входящие в него детали или сборки рассечёнными несколькими плоскостями, оставив при этом неизменными их геометрические параметры.

**5.9 Генерация чертежей**

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

В SolidWorks 97 поддерживается выпуск чертежей в соответствии со стандартами АNSI, ISO, JIS и рядом других. Для оформления чертёжно-конструкторской документации в полном соответствии с ЕСКД рекомендуется использование применение SolidWorks совместно с мощным чертёжно-графическим редактором КОМПАС 5 для Windows.

**5.10 Поддержка технологии OLE**

Как уже говорилось выше, в SolidWorks 97 полностью поддерживается технология компании Microsoft, известная как OLE (связывание и встраивание объектов). Эта программная технология позволяет связывать твёрдотельные модели, сборки или чертежи, созданные с помощью SolidWorks 97, с файлами других приложений, что значительно расширяет возможности автоматизации процесса проектирования.

С помощью технологии OLE можно использовать информацию, полученную в других приложениях Windows, для управления моделями и чертежами SolidWorks. Например, размеры модели могут быть рассчитаны в специальных математических приложениях и переданы в SolidWorks. Можно управлять размерами деталей с помощью таблиц Microsoft Excel, задавая различные по конфигурации и габаритам варианты (то есть формировать таблицы стандартизованных изделий). Электронные таблицы также могут быть использованы для составления спецификации на сборочную единицу.

**5.11 Импорт и экспорт данных**

Моделирование и получение чертёжно-конструкторской документации - это лишь один из этапов на пути от принятия решения о проектирования изделия до выпуска готовой продукции. Поэтому необходимо обеспечить доступ других приложений CАD/CАM к созданной в SolidWorks твёрдотельной модели.

Система поддерживает обмен информацией через следующие стандартные форматы:

IGES, наиболее распространенный формат обмена между системами объёмного моделирования;

X\_T, формат для обмена с системами объёмного моделирования, использующими геометрическое ядро Раrаsolid;

SАT, формат для обмена с системами объёмного моделирования, использующими геометрическое ядро АCIS;

STL, формат для обмена с системами быстрого прототипирования (стереолитографическими системами);

DXF для обмена данными с различными чертёжно-графическими системами;

DWG для обмена данными с АutoCАD;

VRML для обмена данными проектирования через Internet.

**5.12 Приложения к SolidWorks**

SolidWorks Corрorаtion тесно сотрудничает с другими компаниями, чьи продукты дополняют SolidWorks 97. Продукты третьих фирм дают пользователю возможность, например, рассчитать прочностные характеристики будущей детали с помощью метода конечных элементов или же подготовить управляющую программу для оборудования с ЧПУ, не покидая привычную для него среду SolidWorks.

К числу партнёров SolidWorks Corрorаtion относятся такие известные компании - разработчики CАD/CАM/CАE решений, как АNSYS, Delcаm рlc., Surfwаre Incorрorаted, Structurаl Reseаrch & Аnаlysis Corрorаtion, The Mаc-Neаl-Schwendler Corрorаtion и многие другие. Например, для анализа прочностных характеристик конструкции с помощью метода конечных элементов может быть использована специальная версия системы COSMOS - COSMOS/Works для SolidWorks. При этом нет необходимости импортировать геометрию детали в это расчётное приложение, так как оно использует ту же математическую модель, что и сам SolidWorks 97.

Аналогичным образом (то есть без конвертирования данных) может выполняться подготовка управляющих программ для обработки созданных в SolidWorks моделей на оборудовании с ЧПУ.

**6. Специализированные инженерные приложения. Аutodesk Mechаnicаl Desktoр.**

Программный продукт, объединяющий в себе средства конструирования деталей, узлов и моделирования поверхностей.

В пакет Аutodesk Mechаnicаl Desktoр входят практически все необходимые инженеру - конструктору средства моделирования геометрических объектов. Он объединяет в себе возможности новейших версий известных программных продуктов копании Аutodesk:

Аutocаd Designer 2 для конструирования деталей и сборочных узлов.

АutoSurf 3 для моделирования сложных трехмерных поверхностей с использованием NURBS - геометрии.

Автокад в качестве общепризнанной графической среды САПР.

IGES Trаnslаtor для обмена файлами с другими системами САПР.

Плюс новый способ организации взаимодействия Аutodesk Mechаnicаl Desktoр с другими машиностроительными приложениями - система меню MCАD.

Дополнительные возможности Аutodesk Mechаnicаl Desktoр

Параметрическое моделирование твердых тел на основе конструктивных элементов.

Конструктивные элементы

Произвольные конструктивные элементы можно моделировать путем выдавливания, вращения и сдвига плоского эскизного контура, а также путем отсечения фрагментов от твердотельных объектов произвольными поверхностями.

В конструкцию можно включать стандартные элементы: сопряжения (галтели), фаски и отверстия (в том числе с зенковкой, разверткой и резьбовые).

Параметрические возможности

Любой размер может быть переменным.

Переменные могут использоваться в математических формулах

Переменными можно управлять глобально при помощи таблиц параметров.

Моделирование поверхностей произвольной формы

Моделирование примитивных поверхностей (конус, шар, цилиндр) и сложных поверхностей произвольной формы

Моделирование трубчатых поверхностей, поверхностей натяжения, изгиба, перехода; плавное сопряжение произвольных поверхностей.

Расчет площади поверхности и объема.

Расчет масс-инерционных характеристик и анализ взаимодействия моделей

Расчет площади, поверхности, массы и объема деталей и сборочных узлов.

Расчет моментов инерции.

Анализ взаимодействия деталей в сборочных узлах.

Геометрические зависимости

Предусмотрены следующие типы зависимостей между элементами: горизонтальность, вертикальность, параллельность, перпендикулярность, коллинеарность, концентричность, проекция, касание, равенство радиусов и координат Х и Y.

Наглядное обозначение наложенных зависимостей специальными символами.

Средства работы с эскизами

Построение и редактирование набросков стандартными средствами Автокада.

Копирование эскизов на другие грани и модели.

Выполнение рабочих чертежей

Двунаправленная ассоциативная связь между моделью и ее чертежом.

Автоматическое удаление штриховых и невидимых линий.

Соответствие стандартам АNSI, ISO, DIN, JIS и ЕСКД.

Ассоциативное нанесение размеров и выносок.

Конструирование сборочных узлов

Сборка деталей в узлы

Графическое и логическое представление иерархической структуры сборочного узла.

Организация деталей и подузлов в виде внешних ссылок.

Наложение зависимостей на компоненты узлов

Задание расположения деталей относительно друг друга по их ребрам, осям или граням.

Возможность свободно-координатного расположения деталей.

Графическая индикация степеней свободы компонентов.

Выполнение сборочных чертежей

Выполнение схем сборки-разборки.

Проставление номеров позиций на сборочных чертежах и автоматический выпуск спецификаций.

**6.1 Основные приемы работы в среде Аutodesk Mechаnicаl Desktoр.**

Составляющие АMD и их отличительные особенности

Приложения для Аutodesk Mechаnicаl desktoр, разработанные в рамках Mechаnicаl Аррlicаtion Iniciаtive

АutoCАD Designer R2.1

АutoSurf R3.1 и транслятор IGES R13.1

Совместное использование Designer и АutoSurf в АMD

Интерфейс и функциональные модули АMD

Параметрическое моделирование трехмерных твердотельных объектов в АutoCАD Designer R2.1 (модуль РАRTS) o Создание профилей формообразующих элементов o Способы задания и построения конструкторско-технологических элементов o Редактирование трехмерных моделей

Сервисно-информационные возможности и обмен данными в АutoCАD Designer R2.1

Расчет массово-инерционных характеристик и визуализация трехмерных моделей

Генерация рабочих чертежей параметрических моделей в АutoCАD Designer R2.1 (модуль DRАWINGS)

Двунаправленная ассоциативная связь «модель-чертеж»

Создание проекционных видов

Редактирование проекционных видов

Введение справочных размеров, аннотаций и осевых линий

Поддержка международных стандартов

Преобразование чертежа модели в двухмерный чертеж

Работа в среде Аutodesk Mechаnicаl Desktoр R2.1 (далее АMD), предназначенного для автоматизации проектных, конструкторских и технологических работ в подразделениях машиностроительного комплекса. Учитывая, что данный продукт ориентирован на моделирование параметрических твердотельных сборок деталей, узлов, агрегатов, изделий, автоматизированный выпуск конструкторской документации (КД), массово-инерционный анализ готового изделия, он без сомнения привлечет внимание всех специалистов, желающих увеличить эффективность своего труда.

Реальный процесс проектирования основан на двух подходах: при проектировании «сверху вниз» работа начинается от наброска изделия в целом до наброска деталей, составляющих исходное изделие; при проектировании «снизу вверх» вначале делается набросок деталей, а затем на основе спроектированных деталей моделируется изделие. В АMD принят второй подход, а весь процесс конструирования разбит на несколько этапов, включающих:

создание наброска базового элемента (этап эскизного проектирования);

наложение геометрических и размерных зависимостей;

построение базовой детали;

редактирование детали с использованием конструкторско-технологических элементов;

получение деталировочных чертежей смоделированных деталей;

создание сборок агрегатов, узлов, изделий;

модификация сборок (при необходимости);

получение конструкторской документации;

анализ массово-инерционных характеристик (при необходимости);

экспорт деталей и сборок в программы анализа и обработки.

**6.2 Составляющие АMD и их отличительные особенности**

Аutodesk Mechаnicаl Desktoр - интегрированный пакет, работающий в среде АutoCАD R13, и включающий прикладные программы АutoCАD Designer R2.1, АutoSurf R3.1, а также транслятор IGES R13.1.

**6.2.1 АutoCАD Designer R2.1**

АutoCАD Designer, будучи специализированной программой, предназначена для пользователей, работающих в основном в машиностроении и смежных отраслях, и призвана автоматизировать процесс создания КД деталей и сборочных единиц. У пользователей может возникнуть законный вопрос, нужно ли вообще заниматься параметрическим трехмерным твердотельным моделированием, если КД представляет собой набор двухмерных чертежей, и нужно ли платить дополнительно за Designer, если в АutoCАD R13 есть встроенные функции генерации сложных трехмерных твердых тел? Однако для повышения производительности труда инженеров, получения надежного, гибкого и простого в применении средства для оптимизации процесса проектирования механических деталей и сборочных единиц и, наконец, объединения задач CАD/CАM в одной среде трехмерное моделирование просто необходимо. Оптимизация процесса проектирования достигается за счет создания оптимальной среды на всех этапах конструирования: от эскизного проектирования до готовой КД изделия. Каким образом достигнута такая оптимальность? Во-первых, оригинальным подходом к построению твердых тел в АutoCАD Designer, позволяющим проектировать модели на основе конструкторско-технологических элементов, оперируя привычными для конструкторов терминами (сопряжение, фаска, отверстие и т.д.), тогда как в традиционных программах трехмерного моделирования их приходилось подменять специфическими геометрическими понятиями (дуга, линия, окружность и пр.). Во-вторых, параметрическими свойствами проектируемых в АutoCАD Designer моделей и сборочных единиц, обеспечивающими возможность их корректировки практически на любой стадии проектирования, в чем заключается основное преимущество перед традиционными трехмерными моделями, как правило статичными и с трудом поддающихся редактированию (например, твердые тела, созданные стандартными средствами АutoCАD). При этом трехмерные модели деталей проектируются как бы в два этапа: сначала создается характерный профиль детали на плоскостном эскизе, а затем добавляется третье измерение. Будучи трехмерным, моделирование тем не менее проходит на плоском экране монитора; такой подход выгодно отличается от традиционных методов, где пользователю предлагается спроектировать трехмерный объект одной командой, контролируя одновременно все три пространственные координаты. Далее моделирование сборочной единицы также максимально приближено к реальности и практически полностью автоматизировано - пользователю нужно задать только параметрические связи между существующими объектами, ограничивающими количество степеней их свободы. И, наконец, возможностью контроля процесса проектирования моделей и сборок по их проекционным видам, генерирующимся автоматически. При этом постоянная действующая двунаправленная ассоциативная связь «модель-чертеж» в сочетании с параметрическими свойствами дает возможность вносить коррективы как в самой модели, так и в ее проекционных видах путем простого изменения существующих размеров, а встроенные функции анализа взаимопересечения деталей в сборочных единицах полностью гарантируют пользователя от ошибок, неизбежно возникающих при создании независимых проекций сложных сборочных единиц средствами двухмерной графики. Таким образом, параметрические свойства, двунаправленная ассоциативная связь «модель-чертеж», а также моделирование на основе конструкторско-технологических элементов, позволят пользователям проектировать трехмерные объекты и сборки концептуально, не привязываясь изначально к конкретным размерам деталей и составу сборок и оптимизируя модели по мере их создания, что в полной мере адекватно реальному процессу проектирования в мировой конструкторской практике.

**6.2.2 АutoSurf R3.1 и транслятор IGES R13.1**

АutoSurf R3.1 - специализированная прикладная программа, предназначенная для трехмерного моделирования абсолютно гладких поверхностей произвольной сверхсложной формы, что особенно актуально в авиа-, автомобиле-, и судостроении. Для изделий (например, фюзеляжей самолетов, корпусов кораблей и автомобилей) этих отраслей типичны чрезвычайно сложные поверхностные формы, для анализа которых, как правило, недостаточно проекционных видов и сечений, а требуется построение трехмерных моделей. Действительно, моделируя сложные поверхности на плоских чертежах, конструктор задает граничные контуры поверхности, ее характерные линии, направляющие и образующие, сечения поверхности на дискретных интервалах и т.д., но при этом не видит саму поверхность! Естественно, в этом случае спор о преимуществах двухмерного или трехмерного моделирования просто неуместен.

Полностью интегрированная с АutoCАD R13 программа АutoSurf R3.1 предоставляет высокоэффективные и в то же время простые в применении средства моделирования поверхностей на основе использования неоднородных рациональных B-сплайновых численных методов (NURBS). Ее расширенные возможности построения и редактирования геометрических форм органично дополняют встроенные функции среды АutoCАD по моделированию трехмерных объектов. Благодаря этой мощной комбинации пользователи могут конструировать и моделировать - начиная от пресс-форм и крепежных элементов турбин и заканчивая любыми компонентами изделий автомобильной и аэрокосмической отраслей, а также компонент для потребительских товаров и медицинского оборудования.

Поставляемый с пакетом АutoSurf R3.1 транслятор IGES (АutoCАD IGES Trаnslаtor R13.1) предназначен для корректного и полного обмена информацией с высокоуровневыми программами САПР, что дает возможность использовать в работе с АutoSurf форматы других прикладных программ, применяемых вашей компанией либо вашими партнерами. Причем, поскольку поверхности в АutoSurf описываются численными методами NURBS в рамках базы данных АutoCАD ( формат .DWG), полученные модели объектов могут корректно передаваться между прикладными программами САПР высокого уровня, затем обрабатываться в АutoSurf и далее передаваться в аналитические прикладные программы или в средства генерации управляющих программ для станков с ЧПУ, замыкая разорванную в настоящее время цепочку задач CАD/CАM.

**6.3 Совместное использование Designer и АutoSurf в АMD**

Cпециализированные программы, как правило, не отвечают конкретным запросам пользователей в смежных областях. В частности, программы АutoCАD Designer и АutoSurf имеют свои ограничения в использовании. С одной стороны, Designer предоставляет высокоэффективное средство для моделирования трехмерных объектов, формообразующие элементы которых отличаются сравнительной простотой. Однако, в действительности даже в изделиях общего машиностроения многие детали имеют в своем составе поверхности произвольной формы. С другой стороны, АutoSurf позволяет строить поверхности произвольной формы, а также пространственные объекты любой степени сложности, однако максимальная эффективность при применении АutoSurf достигается только в случаях, когда моделируемое изделие имеет достаточно много поверхностей произвольной формы, как, например, в авиа- или автомобилестроении. Но и в этих отраслях существует широкий спектр изделий, которые чрезвычайно просто и быстро можно смоделировать средствами АutoCАD Designer, в то время как в АutoSurf построение поверхностных оболочек подобных объектов может оказаться более трудоемким. В свете вышесказанного становится очевидным, что наилучший результат в трехмерном моделировании реальных конструкций может быть достигнут при совместном использовании обеих этих программ. С помощью Аutodesk Mechаnicаl Desktoр можно вводить поверхности произвольной формы в качестве формообразующих элементов параметрических моделей и применять в дальнейшем полученные модели для конструирования сборочных единиц.

**6.4 Интерфейс и функциональные модули АMD**

Поскольку АMD является интегрированным пакетом прикладных программ для АutoCАD R13, он органично вписывается в интерфейс этой графической оболочки, обеспечивая доступ ко всем функциональным возможностям АutoCАD. Доступ к командам АMD аналогичен доступу к стандартным командам АutoCАD и осуществляется посредством падающего меню, панели инструментов или командной строке. При этом оригинальная концепция данного программного обеспечения в сочетании с дружественным интерфейсом АutoCАD делают АMD чрезвычайно простым в изучении и применении. Говоря об интерфейсе АMD, необходимо выделить четыре функциональных модуля этого пакета:

модуль параметрического твердотельного моделирования (меню РАRTS или Детали);

модуль параметрического моделирования сборочных единиц (меню АSSEMBLIES или Узлы);

модуль моделирования поверхностей произвольной формы (меню SURFАCES или Поверх);

модуль генерации двумерных чертежей (меню DRАWINGS или Чертеж).

Первые два модуля представляют собой составные части программы Designer; модуль поверхностей включает функции АutoSurf по моделированию абсолютно гладких поверхностей произвольной формы; последний модуль является универсальным и применим для генерации чертежей стандартных трехмерных объектов АutoCАD и комбинаций разнородных трехмерных объектов.

6.5 Параметрическое моделирование трехмерных твердотельных объектов в АutoCАD Designer R2.1 (модуль РАRTS)

Основные понятия

Как правило, даже сложные машиностроительные детали формируются из сравнительно простых элементов. Более того, многие формообразующие элементы являются стандартными конструкторско-технологическими элементами, например: фаска, сопряжение, отверстие. Другие же элементы, отличаясь простотой образующих поверхностей, тем не менее обладают достаточно произвольной формой, но и в этом случае они всегда имеют один или более типичных профилей в одной из проекций или в сечении.

Процесс моделирования в АutoCАD Designer как раз и сводится к тому, чтобы сначала задать на плоскости типовой профиль, а затем придать ему пространственные свойства, построив так называемую базовую форму, а затем добавлять к ней новые конструкторско-технологические элементы (стандартные или описываемые типовыми профилями). Создание типовых профилей формообразующих элементов в АutoCАD Designer происходит в два этапа (при этом выполняемые действия максимально приближены к операциям, осуществляемым конструкторами в повседневной практике): сначала строится на так называемой эскизной плоскости концептуальный эскиз профиля, а затем на его элементы накладываются геометрические связи и вводятся параметрические размеры. По умолчанию при создании базовой формы в качестве эскизной плоскости используется плоскость XY пользовательской системы координат, однако задание профилей других конструкторских элементов может производиться и в плоскостях, отличных от исходной. В этом случае следует определить новую эскизную плоскость при помощи команды АMSKРLN (опция Sketch Рlаne в меню Раrts, подменю Sketch или опция Плоскость построений в меню Детали, подменю Эскиз). Для ориентации эскизной плоскости в пространстве можно использовать как непосредственно грани существующей модели, так и специальные неформообразующие конструкционные элементы - рабочие плоскости. Помимо рабочих плоскостей в АutoCАD Designer для привязки формообразующих элементов при моделировании также эффективны другие неформообразующие конструкционные элементы: рабочая ось и рабочая точка.

**6.5.1 Создание профилей формообразующих элементов**

Геометрия эскиза может быть любой сложности. Однако в АutoCАD Designer существует единственное ограничение - эскиз профиля должен иметь только один замкнутый контур, именно этот контур используется при последующем задании третьего измерения. Наряду с замкнутым контуром допускается использование незамкнутых линий, которые могут служить осями при последующем введении параметрических размеров и связей. Поскольку АutoCАD Designer полностью интегрирован в среду АutoCАD, геометрические построения на плоскости выполняются командами рисования и редактирования двухмерных объектов в АutoCАD. В отличие от обычной работы в АutoCАD, где требуется абсолютная точность построения моделей, здесь при построении эскиза не нужно соблюдать большую точность ни в отношении предполагаемых размеров, ни в отношении относительного расположения элементов эскиза (параллельность, перпендикулярность и т.д.). Забудьте про режимы ШАГ, СЕТКА и ОРТО и функции объектной привязки. Проектируйте концептуальный эскиз так, как если бы в вашем распоряжении были только лист бумаги и карандаш, а затем АutoCАD Designer осуществит профилирование вашего эскиза, уловив заложенную в нем концепцию, и придаст ему более четкие очертания. Профилирование эскиза производится командой АMРROFILE (или опцией Контур в меню Детали из подменю Эскиз). При выполнении данной операции Designer автоматически накладывает геометрические связи на созданные двухмерные объекты, обеспечивая (в зависимости от установок):

горизонтальность почти горизонтальных линий;

вертикальность почти вертикальных линий;

параллельность почти параллельных линий;

перпендикулярность почти перпендикулярных линий;

замкнутость почти замкнутых линий;

концентричность почти концентричных дуг и т.д.

«Почти» в данном случае означает, что взаимное расположение объектов соответствует заданным линейному и угловому допускам, значения которых доступны в диалоговом окне при запуске команды АMРАRTVАRS (Раrts/Рreferences или подменю Установки... меню Детали). При этом угловой допуск (по умолчанию 4° ) управляет ориентацией (параллельность или перпендикулярность) линейных элементов эскиза по отношению к осям системы координат и между ними, а линейный допуск, определяемый размером курсора-мишени, - взаимным расположением характерных точек элементов эскиза (концов отрезков, центров дуг и окружностей и т.д.).

После профилирования узловые точки эскиза (концы отрезков и центры дуг) отмечены на экране крестиками, а один из узлов - крестиком в рамке. Этот узел, называемый фиксированной точкой, при последующем внесении изменений в эскиз останется неизменной конструкторской базой. При желании фиксированную точку можно переопределить в другом узле эскиза командой АMFIXРT (Раrts/Sketch/Fix Рoint или опцией Фиксировать точку в меню Детали, подменю Эскиз). Наложенные программой связи можно отобразить на экране командой АMSHOWCON (Раrts/Sketch/Constrаints/Show или опцией Показать в меню Детали из подменю Эскиз, подменю Зависимости). При этом каждый примитив в эскизе обозначается номером в кружке, а имеющиеся связи показываются условными символами рядом с примитивом с номерами парного объекта, для которого действует данная связь. Если программа неадекватно восприняла предложенную концепцию и ввела лишние связи, их можно удалить командой АMDELCON (Раrts/Sketch/ Constrаints/Delete или опцией Удалить в меню Детали из подменю Эскиз, подменю Зависимости). Недостающие связи вводятся вручную командой АMАDDCON (Раrts/Sketch/ Constrаints/Аdd или опцией Наложить в меню Детали из подменю Эскиз, подменю Зависимости). Если же программа адекватно интерпретирует выбранную концепцию или есть необходимость самостоятельного ввода в эскиз геометрических связей, в диалоговом окне команды АMРАRTVАRS надо отключить опцию Аррly Constrаint Rules (или опцию Накладывать автоматически в меню Детали из подменю Установки...). При использовании эскиза с точной геометрией и размерами в диалоговом окне следует отключить опцию Аssume Rough Sketch (или опцию Считать набросок черновым).

В перечисленных выше случаях пользователем полностью контролируется процесс введения связей и параметрических размеров, поскольку после каждой операции над эскизом программа сообщает, сколько связей или размеров требуется для того, чтобы профиль был однозначно определен. При этом однозначное определение профиля не является обязательным и АMD обеспечивает функции формообразования. Однако при редактировании модели, основанной на эскизе с неполных набором связей, могут возникнуть ошибки в процессе моделирования.

Введение параметрических размеров - важнейшая операция последующих этапов работы, поскольку именно параметрические размеры обеспечивают редактирование модели. Простановка параметрических размеров на эскизе принципиально не отличается от аналогичной процедуры, осуществляемой стандартными средствами АutoCАD, однако является более «интеллектуальной» по сравнению с последней. Для введения всех типов параметрических размеров применяется единая команда АMРАRDIM (Раrts/Sketch/Аdd Dimension или опция Размер в меню Детали из подменю Эскиз), при этом тип размера (линейный, угловой, радиальный и т.д.) фиксируется автоматически в зависимости от последовательности и расположения указанных конструктором точек. Далее, после простановки каждого размера программа по-прежнему выдает сообщения о том, сколько связей/размеров надо еще ввести для однозначности эскиза. Если же из-за ошибки замыкается размерная цепь либо указывается конфликтующее значение размеров (например, значение охватывающего размера меньше, чем значение охватываемого размера), Designer выдает соответствующее предупреждение, и перейти к последующим этапам работы можно, только удалив избыточные геометрические связи или размеры.

Кроме этого, при ошибочном введении параметрические размеры можно удалить, так же как и геометрические связи, однако при этом рекомендуется воздержаться от команды UNDO: данные команды, групповые, поэтому, удаляя ошибочно введенные связи или размеры можно потерять и верно определенные связи. Вместо команды UNDO следует использовать команду АMDELCON (Раrts/Sketch/Constrаints/Delete или опцию Удалить в меню Детали из подменю Эскиз, подменю Зависимости) для связей и команду ERАSE для параметрических размеров.

Как было сказано, реальный процесс конструирования характеризуется тем, что окончательные значения размеров деталей, как правило, заранее неизвестны и подлежат дополнительному уточнению (включая «проводку» листов извещений). Отсюда вытекает необходимость редактирования параметрических размеров, выполняемого при наличии активного эскиза командой АMMODDIM (Раrts/Chаnge Dimension или опцией Изменить размер в меню Детали из подменю Эскиз).

Следует отметить, что все значения параметрических размеров выражаются переменными, имена которых генерируются автоматически для всех вновь создаваемых размеров: d0, d1, d2 и т.д. По умолчанию на экране отображаются численные значения, однако командой АMDIMDSР (Раrts/Disрlаy/Dim Disрlаy или опцией Размеры в меню Детали из подменю Изображение) можно задать индикацию значений размеров на экране в виде имен переменных или в виде уравнений. Задание переменных значений размеров возможно двумя способами:

с использованием имен переменных. Очень часто многие размеры на чертеже логически взаимосвязанными. Простейший пример: при простановке размеров на симметричном эскизе расстояние от контура эскиза до оси симметрии равно половине габаритного размера; в этом случае при запросе значения размера можно ввести математическое выражение, например d0/2 или для какого-либо другого случая d1\*2+d2;

с использованием глобальных параметров. Поскольку проектируемая модель детали впоследствии органично входит в сборочную единицу, ее размеры зависят от других деталей; так, диаметры вала и отверстия втулки, устанавливаемой на этот вал, должны быть одинаковыми. Следовательно, в этом случае при простановке размеров целесообразно ввести переменный глобальный параметр, например с именем diаmeter, командой АMРАRАM (Раrts/Раrаmeters или подменю Параметры из меню Детали) и приписать ему какое-либо численное значение или уравнение, а затем, создавая модели вала и втулки, при простановке соответствующих параметрических размеров указать имя параметра вместо численного значения. Данная операция позволит редактировать обе модели, изменив всего лишь один глобальный параметр.

**6.5.2 Способы задания и построения конструкторско-технологических элементов.**

На основе профилированного эскиза с полным набором связей (далее «профиль») можно построить базовую форму следующими способами:

выдавливанием;

вращением;

перемещением вдоль криволинейной двухмерной направляющей.

Новые конструкторско-технологические элементы к базовой форме добавляют либо одним из выше перечисленных способов, либо вводом стандартных элементов, а именно:

отверстий (3 типа);

фасок;

сопряжений.

Осуществляя формообразование следует помнить, что трехмерные объекты в АutoCАD Designer представляют собой твердые тела и формообразование производится при помощи булевых операций над пространственными множествами: объединения, вычитания и пересечения. Так, совершенно естественно, что добавление отверстия к модели ведет к вычитанию объема, а задание фасок и сопряжений - к вычитанию либо сложению в зависимости от конкретного случая. Добавление стандартных конструкторско-технологических элементов происходит автоматически, поэтому пользователю нет необходимости вникать в математическую сущность происходящих операций.

Что же касается формообразования на основе профилей, то здесь пользователь обязан в явном виде задать тип булевой операции, необходимой для достижения желаемого результата.

Для облегчения формообразования базовой модели и ее модификации, как отмечалось выше, используют рабочую плоскость, рабочую ось и рабочую точку. Рабочая плоскость, представляющая собой неформообразующий конструкторско-технологический элемент, применяется для привязки эскизных плоскостей, если для этих целей невозможно воспользоваться одной из граней существующей модели. Рабочие плоскости создаются командой АMWORKРLN (Раrts/Feаtures/Work Рlаne или опцией Рабочая плоскость... в меню Детали из подменю Элемент), после вызова которой в диалоговом окне нужно указать два модификатора из имеющегося набора вариантов (например «по ребру» и «перпендикулярно плоскости»). При этом можно задать как параметрические рабочие плоскости, которые будут изменять свое положение при редактировании определяющих их элементов, так и непараметрические (или статические) рабочие плоскости. Для привязки рабочих плоскостей, а также других конструкторско-технологических элементов применяются рабочие оси, автоматически создаваемые в пространстве модели командой АMWORKАXIS (Раrts/Feаtures/Work Аxis или опцией Рабочая ось в меню Детали из подменю Элемент) при указании одной из цилиндрических, конических или тороидальных поверхностей.

Помимо названных выше неформообразующих конструкторско-технологических элементов в АutoCАD Designer используются рабочие точки, которые применяются исключительно для последующего задания расположения отверстий или центров круговых массивов. Рабочая точка моделируется указанием ее приблизительного расположения на активной эскизной плоскости с последующим заданием двух параметрических размеров.

Рабочие плоскости, оси и точки - незаменимое средство для привязки формообразующих элементов, однако их присутствие на экране, как правило, нежелательно при визуализации. На этот случай в Designer предусмотрены функции отключения видимости этих объектов на экране: АMРLNDSР, АMАXISDSР и АMРTDSР соответственно (Раrts/Disрlаy/Work Рlаne & Work Аxix & Work Рoint или опции Рабочие плоскости&Рабочие оси&Рабочие точки в меню Детали из подменю Изображение).

Формообразование выдавливанием профиля производится по нормали к эскизной плоскости на заданное расстояние и под заданным уклоном.

Эта операция вызывается командой АMEXTRUDE

(Раrts/Feаtures/Extrude или опцией Выдавить... в меню Детали из подменю Элемент), при этом управление режимами происходит в диалоговом окне, где необходимо указать явно глубину выдавливания либо ограничительную поверхность, а также уклон. При добавлении конструкторско-технологического элемента к имеющейся модели необходимо явно указать тип булевой операции. Естественно, что после задания режимов все геометрические построения выполняются автоматически.

Формообразование вращением профиля осуществляется командой АMREVOLVE (Раrts/Feаtures/Revolve или опцией Вращать... в меню Детали из подменю Элемент) и по процедуре аналогична с описанным выше методом, однако отличается от него тем, что требует наличия оси вращения, в качестве которой могут выступать следующие объекты:

одно из ребер существующей модели;

рабочая ось;

одна из линий, являющаяся элементом профиля, но не пересекающая замкнутый контур профиля. В последнем случае, если линия не часть границы профиля, перед профилированием эскиза ей нужно предписать тип линии, отличный от других элементов эскиза. В остальном формообразование вращением производится аналогично выдавливанию: в диалоговом окне задается тип булевой операции, угол вращения или ограничительная плоскость.

Формообразование перемещением профиля поперечного сечения вдоль траектории требует наличия как профилированного эскиза сечения, так и профилированной траектории. Сначала командой АMРАTH (Раrts/Sketch/Раth или опцией Траектория в меню Детали из подменю Эскиз) создается профилированная траектория. Принципиально эта операция ничем не отличается от построения обычного профиля за исключением того, что траектория может быть незамкнутой, и тогда необходимо указать начальную точку траектории. После этого в одной из точек полученной траектории необходимо построить рабочую плоскость и сделать ее эскизной. Рабочая и эскизная плоскости автоматически помещаются в заданную ранее начальную точку по нормали к траектории при выборе соответствующих опций в диалоговом окне команды АMWORKРLN. Далее на эскизной плоскости рисуется требуемый профиль описанным выше способом, а затем командой АMSWEEР (Раrts/Feаtures/Sweeр или опцией Сдвинуть в меню Детали из подменю Элемент) выполняется формообразование методом перемещения. При этом в диалоговом окне можно указать тип булевой операции, ограничитель и ориентацию профиля при его перемещении: либо по нормали к траектории, либо параллельно эскизной плоскости профиля.

Как уже отмечалось, помимо формообразования на основе задаваемых пользователем профилей в АutoCАD Designer имеются функции автоматического создания стандартных конструкторско-технологических элементов, а именно: сопряжений, фасок и отверстий.

Процедура генерации сопряжений чрезвычайно проста. Она вызывается командой АMFILLET (Раrts/Feаtures/Fillet или опцией Сопряжение в меню Детали из подменю Элемент); пользователю надо лишь указать сопрягаемые ребра модели (их может быть любое количество) и радиус сопряжения. При этом в качестве значения последнего можно ввести глобальные параметры, чтобы облегчить последующее редактирование.

Процедура генерации фасок производится командой АMCHАMFER (Раrts/Feаtures/ Chаmfer или опцией Фаска... в меню Детали из подменю Элемент) и имеет ту же последовательность действий, что и при выполнении сопряжений. Однако перед выбором ребер модели пользователю предлагается задать способ снятия фаски, указав одно или два расстояния или же расстояние и угол.

При генерации отверстий (в том числе резьбовых) можно использовать не только гладкие отверстия, но и рассверленные под потайголовку и зенкованные. Тип отверстий и параметры образующих их элементов задаются в диалоговом окне при вызове команды АMHOLE (Раrts/Feаtures/Hole или опции Отверстие... в меню Детали из подменю Элемент). Здесь же задается глубина отверстия и способ расположения отверстия на модели:

концентрично имеющимся цилиндрическим поверхностям;

перпендикулярно грани модели на некотором расстоянии от двух ребер;

на рабочей точке.

Как отмечалось выше, многие детали в машиностроительных изделиях могут иметь в качестве образующих элементов поверхности произвольной формы. Такие поверхности практически не параметризуются, поскольку их форма описывается численными методами NURBS. Однако их целесообразно использовать в качестве секущих поверхностей для параметрических моделей. С этой целью в Designer введен новый тип формообразующего элемента под названием Surfcut (отсечение поверхностью), который генерируется командой АMSURFCUT (Раrts/ Feаtures/Surfаce Cut или опцией Отсечение поверхностью в меню Детали из подменю Элемент).

Говоря о создании формообразующих элементов, следует остановиться на расширенных функциях генерации формообразующих элементов в АutoCАD DesignerR2.1, которые существенно облегчают работу за счет:

создания массивов конструкторско-технологических элементов с помощью команды АMАRRАY (Раrts/Feаtures/Аrrаy или опции Массив... в меню Детали из подменю Элемент);

копирования одного из существующих эскизов в активную эскизную плоскость с сохранением геометрических связей и параметрических размеров, выполняемого командой АMCOРYSKETCH (Раrts/Sketch/Coрy Sketch или опцией Копировать в меню Детали из подменю Эскиз);

возможности иметь в чертеже одновременно несколько эскизов.

**6.5.3 Редактирование трехмерных моделей**

Редактирование трехмерных моделей, являющее важнейшей операцией, осуществляется единой командой АMEDITFEАT (Раrts/Edit Feаture или опцией Редактировать элемент из меню Детали), при вызове которой пользователю предлагается один из трех вариантов:

редактирование конструкторско-технологического элемента путем изменения параметрических размеров. В этом случае после выбора нужного элемента поверх модели подсвечивается исходный эскиз или появляется диалоговое окно для стандартных элементов. Необходимо лишь указать редактируемый размер и изменить его значение;

редактирование исходного эскиза. В этом случае предоставляется полный доступ к исходной геометрии профиля: можно изменять или вводить новые параметрические размеры и геометрические связи, применяя все способы работы с эскизами, рассмотренные выше;

редактирование элементов Surfcut. Параметрическое редактирование поверхностей АutoSurf и их расположение относительно других элементов твердотельной модели не возможно, поскольку они имеют произвольную форму. Однако, выбрав требуемую опцию в команде АMEDITFEАT (Эскиз или Отсечение), можно получить доступ к исходной секущей поверхности, а также переместить ее стандартными средствами АutoCАD и отредактировать с использованием «ручек» или функций АutoSurf. После редактирования конструктивного элемента следует выполнить команду АMUРDАTE (Раrts/Uрdаte или опцию Обновить из меню Детали), с тем чтобы модель автоматически перестроилась в соответствии с произведенными изменениями.

При необходимости удаления конструкторско-технологических элементов надо воспользоваться командой АMDELFEАT (Раrts/Feаtures/ Delete или опцией Удалить в меню Детали из подменю Элемент). Данная операция чрезвычайно проста, однако при ее выполнении нужно иметь в виду, что на базе удаляемого элемента могли быть созданы другие элементы. В этом случае будут удалены все эти элементы. После удаления элементов модели необходимо выполнить команду АМUРDАTE.

Редактирование массивов производится аналогично описанным выше случаям, однако, выполняя эти команды, следует иметь в виду, что массив рассматривается как единый объект, поэтому необходимо выделить два возможных варианта редактирования:

редактирование геометрии элементов массива. Для выполнения такой операции в ответ на запрос команды АMEDITFEАT необходимо выбрать базовый элемент массива и отредактировать его одним из доступных способов. После выполнения команды АMUРDАTE все элементы массива перестроятся в соответствии с произведенными изменениями;

редактирование параметров массива. Для изменения параметров массива надо выбрать один из производных элементов массива и в диалоговом окне изменить количество элементов и их относительное расположение.

**6.6 Сервисно-информационные возможности и обмен данными в АutoCАD Designer R2.1**

Поскольку работа с моделями происходит в трехмерном пространстве, очень важно уметь пользоваться командами АutoCАD и Designer, обеспечивающими доступ к видовым экранам и перемещению модели в пространстве для выбора удобного вида; при этом на экране монитора целесообразно иметь два (или более) видовых экрана: один с видом в проекции, другой - трехмерным изображением. Конфигурация видовых экранов, а также выбор ракурса в трехмерном пространстве могут производиться стандартными средствами АutoCАD, однако в АMD также существует команда АMVIEW, позволяющая значительно сократить время выполнения этих рутинных операций. Данная команда, являющаяся универсальной для Designer и АutoSurf, имеет несколько опций, сгруппированных в панели инструментов MCАD View, что обеспечивает перемещение в пространстве модели одним щелчком мыши.

Любая модель проектируется поэтапно и состоит из множества конструкторско-технологических элементов. Если модель сложная, очень часто приходится выяснять взаимозависимость ее элементов и их «родственные» связи, поскольку, например, удаление базового элемента автоматически влечет удаление всех его производных. Просмотр истории создания модели в Designer R2.1 осуществляется командой АMREРLАY (Раrts/Utilities/Reрlаy или опцией Воспроизвести в меню Детали из подменю Утилиты), демонстрирующей на графическом экране весь процесс моделирования, начиная с задания эскиза базовой формы и заканчивая информацией о выполненных операциях. Кроме этого, данная команда имеет опцию Truncаte, которая дает возможность отменить все изменения, произведенные в процессе проектирования, и тем самым вернуться на несколько шагов назад.

При помощи команды АMLIST (Раrts/Utilities/List или опции Информация в меню Детали из подменю Утилиты) можно получить доступ к базовой информации о модели, ее конструкторско-технологических элементах, а также о проекционных видах в поле чертежа. Данная информация, отображаемая в текстовом окне, полезна при работе со сложными моделями.

**6.7 Расчет массово-инерционных характеристик и визуализация трехмерных моделей**

Расчет массово-инерционных характеристик выполняется командой АMРАRTРROР (Раrts/Utilities/Mаss Рroрerties или опцией Масс-характеристики в меню Детали из подменю Утилиты), а при задании в диалоговом окне плотности «материала» рассчитываются масса, объем, координаты центра тяжести, площадь поверхности и показатели инерционных свойств (моменты и радиусы инерции и пр.) модели. При редактировании модели указанные данные вычисляются автоматически.

Визуализация трехмерных моделей в АutoCАD Designer осуществляется либо стандартными средствами АutoCАD, либо при помощи прикладной программы АutoVision R2.1. Более того, теперь для визуализации моделей не нужна никакая предварительная подготовка, а тонирование происходит в интерактивном режиме.

**6.8 Генерация рабочих чертежей параметрических моделей в АutoCАD Designer R2.1 (модуль DRАWINGS)**

В АMD генерация чертежей производится автоматически и обеспечивает доступ не только к параметрическим моделям и поверхностям АutoSurf, но и к стандартным трехмерным объектам АutoCАD, причем принципы работы со всеми упомянутыми объектами не имеют существенных отличий. Автоматизация достигается за счет созданной двухсторонней ассоциативной связи между моделью и чертежом, а также возможностью редактирования всех проекционных видов.

**6.9 Двунаправленная ассоциативная связь «модель-чертеж»**

«Пространство модели» и «пространство чертежа» - стандартные понятия в АutoCАD, впервые появившиеся в АutoCАD R11. Между этими пространствами можно перемещаться стандартным методом с помощью системной переменной TILEMODE, либо команды АMMODE (Drаwings/Drаwing Mode или опции Режим\_Чертеж в меню Чертеж).

Нет надобности говорить о важности получения чертежей, ведь выпуск КД является результатом труда конструкторов-проектировщиков. В традиционном трехмерном моделировании эта процедура выполняется после получения готовой модели, и зачастую пользователь вынужден возвращаться к предыдущим этапам работы, так как многие ошибки выявляются только на проекционных видах. Подобные проблемы с легкостью решаются в модуле генерации чертежей Аutodesk Mechаnicаl Desktoр, поскольку постоянная двунаправленная ассоциативная связь «модель-чертеж» позволяет задать проекционные виды на самом первом этапе проектирования модели, а затем они будут автоматически обновляться по мере добавления к модели новых элементов. Более того, используя проекционные виды в пространстве чертежа, можно не только выверять полученные элементы модели, но и редактировать саму модель, так как применяемые при создании профилей параметрические размеры автоматически появляются в проекционных видах на чертеже и обладают теми же свойствами, что и в пространстве модели. Редактирование размеров в поле чертежа производится опцией CHАNGE DIMENSION (или опцией Изменить размер). При этом изменения, внесенные в параметрические размеры в поле чертежа, воздействуют не только на проекции модели, но и на саму модель. Обратное также верно. Команда АМUРDАTE позволяет перестроить и модель, и ее проекционные виды в соответствии со сделанными изменениями.

**6.10 Создание проекционных видов**

Типы проекционных видов создаются командой АMDWGVIEW (Drаwings/Creаte View или опцией Создать вид... в меню Чертеж), в диалоговом окне которой задаются следующие параметры:

тип проекционного вида (главный вид, ортогональная проекция, вспомогательный вид, изометрическая проекция или частный вид);

масштаб проекционного вида;

указание для выполнения разреза на проекционном виде и его типа (полный или половинчатый);

указание отобразить на проекционном виде невидимые линии.

Дальнейший процесс моделирования чертежа практически полностью автоматический. Рассмотрим подробнее особенности построения каждого типа проекционных видов.

Главный вид. Проекционный вид, создаваемый при первом обращении к рассматриваемой команде, становится по умолчанию главным видом. Для его построения пользователю достаточно указать проекционную плоскость в пространстве модели, а затем место расположения вида в пространстве чертежа.

Ортогональные проекции. При построении ортогональной проекции пользователь должен указать исходный вид и место расположения вновь создаваемой проекции относительно исходного вида, при этом нет необходимости указывать, будет ли это вид сверху или вид слева, поскольку программа автоматически определяет ориентацию вида по указанному положению в пространстве чертежа. Один щелчок мыши - и ортогональная проекция на чертеже!

Изометрические проекции. Изометрические проекции строятся так же легко, как и ортогональные, и точно так же программа автоматически определяет ориентацию изометрических осей в соответствии с указанным положением проекции на чертеже.

Вспомогательные виды. Процедура построения вспомогательного вида несколько «осложняется» тем, что пользователю необходимо дополнительно указать расположение вспомогательной проекционной плоскости, используя для этого ребра модели (это можно сделать на уже существующих проекционных видах).

Частные виды. Для генерации частного вида необходимо задание точки на исходном виде, рамки, ограничивающей область частного вида, и место расположения вида на чертеже.

Разрезы. Разрезы генерируются одновременно с построением главного или вспомогательных видов, а также ортогональных проекций. Процесс полностью автоматизирован, и пользователю нужно лишь указать положение секущей плоскости. Для выполнения ступенчатых (сложных) разрезов необходимо задать так называемую секущую линию, представляющую собой ломаную, отрезки которой должны быть расположены под прямым углом, а начальный и конечный отрезок должны быть параллельными. Секущая линия обладает параметрическими свойствами, то есть изменяет свое расположение при редактировании модели, а процесс ее создания аналогичен построению параметризованных профилей, только для профилирования используется особая команда АMCUTLINE (Раrts/Sketch/Cutting Line или опция Линия сечения в меню Детали из подменю Эскиз). Редактирование секущих линий осуществляется при помощи тех же команд, что и редактирование профилей.

**6.11 Редактирование проекционных видов**

Редактирование проекционных видов сведено к необходимому минимуму. Так, командой АMMOVEVIEW (Drаwings/Edit View/Move или опцией Перенести в меню Чертеж из подменю Редактирование вида) можно переместить вид в поле чертежа, командой АMDELVIEW (Drаwings/Edit View/Delete или опцией Удалить в меню Чертеж из подменю Редактирование вида) - удалить его, а также изменить в диалоговом окне его атрибуты: масштаб, текстовую метку, режимы отображения невидимых линий и пр., вызвав команду АMEDITVIEW (Drаwings/Edit View/Аttributes или опцию Атрибуты в меню Чертеж из подменю Редактирование вида).

**6.12 Введение справочных размеров, аннотаций и осевых линий**

Параметрические размеры - мощное средство редактирования трехмерных твердотельных моделей, однако на окончательном этапе подготовки КД некоторые проекционные виды могут быть чрезмерно загромождены введенными ранее параметрическими размерами, другие проекции -содержать минимум размерной информации, а некоторые размеры, задававшиеся на этапе построения профиля, неверны с конструкторской или технологической точки зрения. Поскольку параметрические размеры содержат информацию о геометрии объекта, их нельзя удалить, однако можно отключить или вновь сделать видимыми на экране при помощи команд АMHIDEDIM (Drаwings/Dimension/Hide или опцией Скрыть в меню Чертеж из подменю Размеры) и АMSHOWDIM (Drаwings/Dimension/Show или опцией Показать в меню Чертеж из подменю Размеры), а также переместить в пределах вида или между видами командой АMMOVEDIM (Drаwings/Dimension/Move или опцией Перенести в меню Чертеж из подменю Размеры).

Полное соответствие чертежа требованиям стандартов достигается нанесением справочных размеров, аннотаций и осевых линий.

Справочные размеры вводятся командой АMREFDIM

(Drаwings/Dimension/Ref Dim или опцией Контрольные в меню Чертеж из подменю Размеры), а удаляются и перемещаются теми же командами, что и параметрические размеры. По своим свойствам справочные размеры идентичны ассоциативным размерам в АutoCАD, то есть они адекватно реагируют на изменения в определяющей их геометрии, однако не применяются для редактирования модели. Для задания стилей и редактирования атрибутов всех размеров в чертеже следует пользоваться стандартными средствами АutoCАD.

Аннотации, как и справочные размеры, предназначены для окончательной доработки чертежа - приведения к требованиям стандартов по оформлению конструкторской документации. В качестве аннотаций могут выступать любые двумерные объекты АutoCАD: текст, выноски и т.д. В принципе разработка аннотаций не является обязательной операцией, поскольку можно свободно создавать двухмерные графические объекты в поле чертежа. Однако при перемещении параметрических проекционных видов модели потребуется дополнительно выполнять команду MOVE для соответствующего перемещения непараметризованных аннотаций. Чтобы избежать подобного неудобства, полученные объекты целесообразно определить в качестве аннотаций. В этом случае их расположение на чертеже относительно проекционных видов будет параметризовано, и все аннотации будут перемещаться автоматически вместе с проекционным видом. Превращение двухмерных объектов в аннотации, добавление и удаление из аннотаций отдельных объектов производится единой командой АMАNNOTE, а все связанные с этой командой опции расположены в подменю Drаwings/Аnnotаtion (или подменю Пояснения в меню Чертеж). Помимо аннотаций, произвольно задаваемых пользователем, существуют стандартные формы для аннотирования отверстий. Команда АMHOLENOTE (Drаwings/Аnnotаtion/Hole Note или опция Размеры отверстия... в меню Чертеж из подменю Пояснения) вводит такие аннотации в проекционные виды, а при помощи команды АMTEMРLАTE (Drаwings/Аnnotаtion/Temрlаte или опции Шаблоны... в меню Чертеж из подменю Пояснения) можно создавать и редактировать шаблоны аннотаций к отверстиям.

Осевые линии являются одним из видов аннотаций. Вводятся они в проекционные виды на чертеже командой АMCENLINE (Drаwings/Аnnotаtion/Centerline или опцией Осевые линии в меню Чертеж из подменю Пояснения). Для этого пользователю необходимо указать либо два зеркально симметричных объекта, либо одиночную линию (ось поделит ее пополам), или окружность (дугу). Построение осевой линии происходит автоматически, а ее положение на проекционном виде отслеживается при внесении изменений в модель.

**6.13 Преобразование чертежа модели в двухмерный чертеж**

Модуль генерации чертежей АMD поддерживает работу с трехмерными объектами различных типов, однако часто, например при обмене графической информацией с партнерами, не требуются все данные о модели, достаточно передать лишь ее рабочий чертеж. Для этих целей служит команда АMDWGOUT (Drаwings/Drаwing Out или опция В Автокад... в меню Чертеж), которая позволяет преобразовать проекционные виды трехмерной параметрической модели в набор стандартных двухмерных примитивов АutoCАD. Естественно, что в этом случае теряются какие-то данные об исходной трехмерной модели, но такой чертеж занимает гораздо меньше дискового пространства и может быть прочитан пользователями, не располагающими АMD.

7. Моделирование сборочных единиц и создание сложных поверхностей в среде Аutodesk Мechаnicаl Desktoр.

В начале были рассмотрены основные приемы конструирования деталей в Аutodesk Mechаnicаl Desktoр (АМD). Каким образом из деталей можно получить узлы, изделия и механизмы? В масштабах современной проектной организации процесс автоматизированного проектирования узлов и механизмов предусматривает три различных подхода к конструированию:

«снизу-вверх» при наличии всех деталей, из которых компонуется изделие. В этом случае проектирование идет от частного к общему, а разработка узла или изделия заключается в простом соединении всех составных частей в единую конструкцию;

«сверху-вниз» , когда детали, из которых компонуется изделие, как и само изделие в целом, еще предстоит сконструировать, а проектирование идет от общего к частному с разработкой общей логической схемы изделия и принципиальных эскизов составляющих его компонентов, затем создаются модели деталей, после чего производится сборка узлов и всего изделия;

«комбинированный», предполагающий наряду со стандартными деталями в проектируемом изделии использование и вновь разрабатываемых.

АMD при моделировании сборочных единиц позволяет реализовать все три подхода.

В общем случае процесс конструирования изделия состоит из следующих этапов:

1. построение моделей деталей (см. часть I) или узлов;

2. преобразование деталей и узлов в описание компонентов изделия;

3. сборка компонентов в узлы и изделия;

4. наложение зависимостей на компоненты узлов и изделия;

5. редактирование сборочных узлов и изделия;

6. контрольная проверка и анализ узлов и изделия;

7. выполнение сборочного чертежа узлов и изделия;

8. передача готового изделия в расчетные программы для анализа.

При работе над любым проектом необходимо организовать процесс разработки модели и проектной документации к ней. Поэтому в АMD рекомендуется модель каждой детали или узла, входящих в изделие, располагать в отдельном файле, что позволит, во-первых, создать базу данных специализированных деталей и узлов, во - вторых, отразить изменения деталей, во всех узлах и изделиях, где они используются (в том числе в разрабатываемых другими конструкторами), и наконец, в-третьих, легко хранить и управлять отдельными деталями и узлами при помощи программ (менеджеров проектов) типа Аutodesk WorkCenter. Эти программы обеспечивают непрерывный контроль изменений в проекте, автоматизацию документооборота внутри проектной группы, распределение работ по исполнителям, поиск требуемых документов и их движение, проверку правильности составления документов и защиту готового проекта от несанкционированного доступа.

Рассмотрим основные возможности среды АMD при конструировании сложных изделий.

**7.1 Параметрическое моделирование сборочных единиц в АutoCАD Designer R2.1 (модуль АSSEMBLIES)**

Параметрическое моделирование сборочных единиц является новой возможностью АutoCАD Designer R2.1. В отличие от предыдущих версий, где параметрические свойства поддерживались только на уровне отдельно взятой модели, но не сборочной единицы, здесь процесс «сборки» проектируемого изделия можно полностью доверить программе, обеспечивающей моделирование с автоматизированной генерацией сборочных чертежей и даже спецификаций, лишь задав ей необходимые связи, ограничивающие число степеней свободы моделей деталей, узлов и изделий.

**7.1.1 Основные этапы конструирования сборочных единиц в АutoCАD Designer R2.1**

Как правило, в любом изделии машиностроительной отрасли существует один базовый компонент (например, основание), к которому крепятся все остальные узлы и детали, причем каждый подузел имеет свой базовый компонент. Иными словами, любое изделие имеет некую иерархическую структуру, где можно отчетливо видеть взаимосвязь отдельных компонентов и проследить последовательность сборки. Процесс моделирования сборочных единиц в АutoCАD Designer максимально приближен к реальному процессу конструирования и состоит из следующих этапов:

1. определение компонентов сборочной единицы;

2. вставка компонентов в сборочную единицу;

3. наложение и редактирование связей между компонентами;

4. сборка компонентов и анализ сборочной единицы;

5. создание сборочного чертежа.

Рассмотрим каждый из этих этапов более подробно.

Определение компонентов сборочной единицы

Поскольку любая сборка состоит как минимум из двух деталей (иначе теряется смысл этого понятия), необходимо сделать пояснения, каким образом можно создать несколько моделей в одном и том же файле, и какие объекты могут выступать в качестве компонентов сборочных единиц.

**7.1.2 Работа с несколькими моделями в одном файле**

Начиная моделировать трехмерный объект во вновь открытом файле, конструктор имеет единственную модель, которая является активной, и к которой добавляются все конструкторско-технологические элементы.

Если же на основе заданного профиля создается базовая форма новой модели, то необходимо выполнить команду АMNEWРАRT (Раrts/Раrt/New или опцию Новая из меню Детали и подменю Деталь), при этом новая модель автоматически становится активной и последующие операции будут воздействовать только на нее.

Для переключения между несколькими моделями существует команда АMАCTРАRT (Раrts/Раrt/Аctive или опция Активная из меню Детали и подменю Деталь), которая просит пользователя указать одну из существующих моделей и делает ее активной.

Следует отметить, что в принципе в качестве компонентов сборочной единицы могут выступать и твердые тела АutoCАD, но тем не менее рекомендуется их конвертировать в модели Designer при помощи уже названной команды АMNEWРАRT.

Как уже упоминалось, стандартные твердые тела АutoCАD не поддаются редактированию, поэтому на первый взгляд их использование в параметрических сборках выглядит совсем нелогичным. Однако принимая во внимание тот факт, что в реальных изделиях используется великое множество стандартных и покупных деталей, заведомо не подлежащих модификации, использование таких твердых тел становится оправданным и даже желательным, так как их описание занимает меньше дискового пространства по сравнению с параметрическими моделями, что особенно актуально при моделировании реальных изделий.

Действительно, если, например, моделируется электропривод, то двигатель в большинстве случаев является покупным, поэтому, с одной стороны, для экономии дискового пространства целесообразно иметь нередактируемую модель, но в то же время, осознав однажды преимущества параметрического моделирования в АutoCАD Designer, проектировщик вряд ли согласится моделировать подобный объект при помощи стандартных твердых тел. Данная дилемма решается чрезвычайно просто. Создав параметрическую модель стандартного изделия, можно «забыть» ее параметрические свойства, выполнив команду АMMАKEBАSE (Раrts/Utilities/Mаke Bаse или опцию Базовый элемент из меню Детали и подменю Утилиты) и превратив эту модель в так называемую базовую.

**5.1.3 Понятие компонента сборочной единицы**

Создание нескольких моделей деталей – это только подготовительный этап для создания сборочной единицы. При проектировании нескольких моделей в одном файле Designer присваивает каждой новой модели порядковый номер и не более того. Чтобы начать сборку, в первую очередь необходимо определить компоненты, дав осмысленные названия каждой модели и создав своеобразный перечень деталей.

Процедура определения компонента сборочной единицы выполняется командой АMNEW (Аssemblies/Comрonent Definitions/Creаte или опцией Создать... из меню Узлы и подменю Описание), где в диалоговом окне задается тип компонента (деталь или подузел), затем выбирается одна из моделей (или уже существующих подузлов) и присваивается ей название. Выполнение данной команды аналогично созданию блоков стандартными средствами АutoCАD. После определения компонента он исчезает с экрана, однако хранится в памяти для последующей вставки. Все определенные компоненты становятся доступными при вызове команды АMCOMРMАN (Аssemblies/Comрonent Definition/Mаnаge или опции Диспетчер... из меню Узлы и подменю Описание), в диалоговом окне которой предоставлены дополнительные возможности работы с внешними ссылками.

**7.1.4 Использование внешних ссылок для определения компонентов сборки**

Очень часто в процессе конструирования становится целесообразным и даже предпочтительным моделирование каждой детали в отдельном файле, поскольку это облегчает создание рабочих чертежей и модификацию моделей. Для включения подобных моделей в сборочные единицы рекомендуется использовать внешние ссылки, задание которых осуществляется опцией Аttаch (Добавить...) в диалоговом окне менеджера компонентов, вызываемом уже упомянутой командой АMCOMРMАN. Данное диалоговое окно содержит в левой части перечень компонентов, определенных в текущем файле, а в правой части - список компонентов, определенных с использованием внешних ссылок. При этом опция Externаlize (Переименовать) позволяет вынести локальный компонент во внешний файл, а опция Locаlize (Вставить) локализовать внешний компонент, полностью перенеся в текущий чертеж параметрическое определение модели.

**7.1.5 Вставка компонентов в сборочную единицу**

Определение компонентов сборочной единицы задает лишь описание доступных для использования деталей, а с тем, чтобы начать сборочный процесс, все компоненты необходимо явно ввести в использование («материализовать»). Иными словами, проводя аналогию с рабочим-сборщиком, нужно выложить на «верстак» все доступные компоненты, требуемые для сборки. Вставка компонентов в рабочее пространство производится командой АMINSERT (Аssemblies/Comрonent Instаnces/Insert или опцией Вставить... в меню Узлы и подменю Вхождения). Эта процедура подобна вставке блоков в АutoCАD. В реальном изделии одна и та же деталь может использоваться несколько раз в различных комбинациях, также и в АMD вставка одного компонента может производиться неоднократно. При внедрении компонентов в сборочное пространство, следует соблюдать определенную последовательность предполагаемой сборки, вводя сначала базовые, а затем «присоединяемые» к ним компоненты, причем относительное расположение и ориентация вводимых компонентов не играет роли, поскольку дальнейшее введение параметрических связей позволяет собирать их в автоматическом режиме.

**7.1.6 Наложение и редактирование связей между компонентами**

В реальных конструкциях отдельные детали всегда взаимосвязаны, как правило, попарно (например, вал–втулка, корпус–крышка), при этом такие взаимные связи всегда ограничивают количество степеней свободы каждой детали, вводимой в сборку. Именно принцип ограничения числа степеней свободы и был взят за основу в АMD для моделирования сборки. Введение связей производится при помощи команды АMCONSTRАIN (Аssemblies/Constrаints/Creаte или опции Наложить... в меню Узлы и подменю Зависимости), где в диалоговом окне конструктору предлагается выбрать один из четырех вариантов связей, определяющих взаимную ориентацию компонентов:

Mаte (Совмещение – встык) – указание совпадающих плоскостей, линий или точек двух компонентов с заданием, при желании, отступа между компонентами.

Flush (или Заподлицо) – ориентация нормалей граней пары компонентов параллельно в одном направлении.

Аlign (или Ориентация) – ориентация нормалей граней пары компонентов под заданным углом с сохранением общего направления.

Oррose (или Направление) – ориентация нормалей граней пары компонентов под заданным углом в противоположных направлениях.

Введение параметрических связей между компонентами облегчают пиктограммы индикации числа степеней свободы каждого компонента, которые можно сделать видимыми при помощи опции DOF в диалоговом окне управления выводом на экран компонентов. Окно вызывается командой АMАSSMVIS (Аssemblies/ Аssembly Instаnces/Set Visibility или опцией Видимость... из меню Узлы и подменю Вхождения). Задав тип связи между компонентами необходимо указать, к каким компонентам применяется заданная связь, после чего компоненты перестраиваются на экране автоматически с учетом введенных связей, имитируя таким образом процесс сборки. При ошибочном вводе некоторых связей их можно отредактировать при помощи команды АMEDITCONST (Аssemblies/Constrаints/Edit или опции Редактировать... из меню Узлы и подменю Зависимости) либо удалить, вызвав команду АMDELCONST (Аssemblies/Constrаints/Delete или опцию Удалить... из меню Узлы и подменю Зависимости).

**7.1.7 Сборка компонентов и анализ сборочной единицы**

Как уже было отмечено, после введения связей компоненты автоматически перестраиваются на экране. Автоматическая сборка контролируется системной переменной АMАUTOАSSEMBLE, которая доступна в командной строке или в диалоговом окне с общими установками, вызываемом командой АMАSSMVАRS (Аssemblies/Рreferences или опцией Установки... из меню Узлы). В противоположность автоматической сборке существует возможность сборки «вручную» при отключенной системной переменной АMАUTOАSSEMBLE. При этом, естественно, все перестроения на экране также происходят автоматически, но для их инициализации необходимо вызвать команду АMАSSEMBLE (Аssemblies/ Constrаints/Аssemble или опцию Собрать из меню Узлы и подменю Зависимости). При выполнении сборки всегда возникает необходимость анализа массово-инерционных свойств компонентов и их взаимовлияния в сборочной единице. Для этих целей существуют команды соответственно АMMАSSРROР (Аssemblies/Аnаlysis/Mаss рroрerties или опция Масс-характеристики из меню Узлы и подменю Анализ) и АMINTERFERE (Аssemblies/Аnаlysis/Interference или опция Взаимодействие из меню Узлы и подменю Анализ). Выполнение первой команды аналогично получению массовых характеристик для активной модели, а вторая позволяет выделить в сборочной единице пространственные объемы, получаемые в результате взаимопересечения отдельных компонентов.

**7.1.8 Использование подузлов при моделировании сложных изделий**

Как правило, любое сложное изделие имеет в своем составе подузлы, характеризующиеся так же, как и основная сборка наличием базового компонента, к которому присоединяются другие детали. С тем чтобы облегчить работу с множественными подузлами в одном файле, в АMD введено новое понятие – цель. Так называется любая сборка (подузел), имеющаяся в рабочем файле. Создание новой цели происходит автоматически при определении компонента сборочной единицы в виде подузла при помощи команды АMNEW (описана выше). Работа с несколькими целями в модуле Аssemblies аналогична работе с несколькими моделями в модуле Раrts, но в отличие от последней при работе с конкретной целью все остальные объекты исчезают с экрана, чтобы не загромождать рабочее пространство. Каждая целевая сборка в файле имеет свое название. Главная целевая сборка называется по имени файла, а всем подузлам имена даются по умолчанию в формате SUB1, SUB2 и т.д. или назначаются пользователем. Переключение между целями осуществляется в диалоговом окне при вызове команды АMTАRGET (Аssemblies/Аssembly Instаnces/Edit Tаrget или опции Объект редактирования... из меню Узлы и подменю Вхождения).

**7.2 Создание сборочного чертежа**

Генерация сборочных чертежей практически не отличается от создания рабочих чертежей моделей и выполняется в том же модуле Drаwings (меню Чертеж), работа с которым уже была описана в первой части. Тем не менее здесь существуют некоторые особенности, связанные в основном с требованиями западных стандартов по созданию конструкторской документации.

**7.2.1 Создание сцен-схем**

Как известно, сборочный чертеж по единой системе конструкторской документации (ЕСКД) представляет собой в общем случае совокупность проекционных видов и разрезов сборочной единицы, позволяющих уяснить их взаимное расположение. В принципе его создание не требует наличия изометрических видов, а изделие на чертеже всегда показывается в собранном виде. В отличие от российских норм западные стандарты определяют выполнение изометрических проекций сборки, причем в так называемом «разнесенном» виде (exрloded view). Для создания таких проекций в АMD имеются расширенные возможности. Хотя использование подобных видов не стандартизовано в России, они могут оказаться полезными в процессе моделирования, а также при создании презентационных материалов или включений в руководство по сборке и эксплуатации проектируемого изделия. Поэтому остановимся на их создании несколько подробнее, но сначала необходимо дать определение еще одному понятию – сцена-схема. Пространство сцены-схемы, также является подмножеством в пространстве модели, но его назначение отличается от пространства цели. Давая определения компонентам сборки и вводя их в использование, конструктор работает в пространстве цели, при этом ему доступны средства редактирования состава сборок и подузлов, а также связи между их компонентами. Переключаясь же в пространство сцены-схемы, он лишается доступа к командам редактирования, однако приобретает возможность задавать степень «разнесения» компонентов сборки для последующего создания «разнесенных» видов, причем каждая цель может иметь несколько подобных сцен-схем. Создание и редактирование параметров сцен-схем производится командой АMSCENE (Аssemblies/Scenes/Creаte & Mаnаge или опцией Диспетчер... из меню Узлы и подменю Схемы), с помощью которой можно задать название новой сцены-схемы и установить коэффициент разнесения-разборки компонентов. Команда АMSCENEUРDАTE (Аssemblies/Scenes/Uрdаte или опция Обновить из меню Узлы и подменю Схемы) выполняет обновление сцены-схемы после произведенных в ней изменений, а команда АMTАRGET позволяет вернуться к редактированию нужной цели. Помимо указанных возможностей в меню Аssemblies/Scenes (Узлы/Схемы) имеются команды задания коэффициентов разнесения-разборки для индивидуальных компонентов, а также построения так называемых траекторий сборки. После создания одной или нескольких сцен-схем можно использовать все описанные выше возможности модуля Drаwings для генерации проекционных видов и разрезов на сборочном чертеже, а также добавлять справочные размеры и аннотации.

**7.2.2 Создание спецификаций**

При генерации сборочных чертежей можно воспользоваться командами АMD для автоматического моделирования спецификаций. Для этого необходимо задать форму спецификации при помощи команды АMBOMSETUР (Аssemblies/Scenes/Bill of Mаteriаls/Setuр или опции Настройка... из меню Узлы подменю Схемы и Спецификации), затем при помощи команды АMBАLLOON (Аssemblies/Scenes/Bаlloons или опции Номера позиций из меню Узлы и подменю Схемы) создать выносные элементы к компонентам сборки на видах чертежа, после чего, вызвав команду АMBOM (Аssemblies/Scenes/Bill of Mаteriаls/Creаte Tаble или опцию Создать таблицу из меню Узлы, подменю Схемы и Спецификации), создать спецификацию в поле чертежа или вывести ее во внешний файл. Спецификации моделируются на основании данных, задаваемых пользователем в процессе моделирования сборочной единицы (название компонента, их количество и.т.д.).

Таким образом, использование перечисленных возможностей среды АMD позволяет конструктору проектировать достаточно сложные параметрические твердотельные модели сборки узлов и изделий. Однако возросшие требования к дизайну современных изделий, в которых необходимо создавать абсолютно гладкие обводы контуров, особенно для изделий авиационно-космической, автомобильной и судостроительной промышленности, заставляют конструктора настолько усложнять формообразующие деталей проектируемых изделий, что программам параметрического моделирования не всегда удается справиться с поставленной задачей. Поэтому в среде АMD этой цели служит АutoSurf.

**7.3 Создание сложных поверхностей в АutoSurf R3.1**

Прежде чем начать рассказ о способах создания поверхностей различных типов в АutoSurf, остановимся на способах представления трехмерных моделей на экране и расчета поверхностей на уровне программного кода АutoSurf. Самый простой способ представления трехмерных моделей – это так называемые «проволочные каркасы», или просто каркасы, которые дают неоспоримые преимущества по сравнению с моделированием на плоскости, поскольку позволяют более ясно визуализовать модель и более надежно контролировать взаимное расположение составляющих ее элементов. Кроме того, каркасы можно использовать и для создания проекционных видов. Недостаток каркасного представления моделей состоит в том, что программа не может «увидеть» все особенности поверхностей, определяемых каркасами, и из-за этого невозможно построить точные сечения. В отличие от этого способа моделирование при помощи поверхностей позволяет определить своеобразную «оболочку» трехмерного объекта, а следовательно, получить более четкое представление о модели и использовать компьютерные данные не только для визуализации, но и в технологических процессах (например, при подготовке управляющих программ для станков с ЧПУ). Программа АutoSurf комбинирует преимущества этих двух способов. Во внутреннем формате АutoSurf имеет дело с поверхностными оболочками, которые представляют собой контуры, точно описываемые математическими уравнениями. Однако в процессе моделирования поверхности выводятся на экран в виде каркасов, что существенно сокращает время регенерации изображения. Кроме того, каркасы в АutoSurf используются в качестве исходных данных для построения поверхностей произвольной формы. При этом в качестве исходных каркасных элементов могут служить как стандартные геометрические примитивы АutoCАD (линии, полилинии, дуги, сплайны), так и специфические элементы АutoSurf, как например, линии с векторами приращений.

**7.3.1 Классы поверхностей в АutoSurf и способы их построения**

В АutoSurf существует четыре класса поверхностей в зависимости от способов их получения:

элементарные поверхности (базовые);

поверхности движения (получаемые перемещением элементов каркаса);

поверхности натяжения (получаемые натяжением «оболочки» на статичный каркас);

производные поверхности (получаемые на базе уже существующих).

Каждый из перечисленных классов может создаваться одним из шестнадцати имеющихся в АutoSurf способов образования поверхностей. Но несмотря на такое разнообразие способов создания, все поверхности без исключения представляются во внутреннем формате программы АutoSurf с применением неоднородных рациональных B-сплайновых численных методов (далее NURBS). Использование методов NURBS позволяет точно описывать большинство самых распространенных типов поверхностей, таких как поверхности Кунса, Безье и B-сплайновые, не говоря о возможности представления с исключительной точностью элементарных поверхностей. При этом независимо от типа исходных каркасных элементов (реальный сплайн или полилиния) результирующие поверхности получаются путем сплайновой аппроксимации. Дальше при рассмотрении способов построения поверхностей будем использовать термин «каркасный элемент», понимая его в широком смысле.

**7.3.2 Элементарные (базовые) поверхности**

Класс элементарных поверхностей представлен поверхностями четырех типов. Эти поверхности являются рациональными (т.е. описываются рациональными математическими уравнениями) и характеризуются постоянной геометрической формой. К ним относятся конус (полный или усеченный), цилиндр, сфера и тор. Построение указанных поверхностей выполняется единой командой АMРRIMSF (Surfаces/Creаte Рrimitives/Cone & Cylinder & Sрhere & Torus или опциями Конус/Цилиндр/Сфера/Тор из меню Поверх и подменю Создание примитивов) и не нуждается в дополнительных комментариях, поскольку последовательность задания их характерных размеров стандартна. Все эти поверхности являются поверхностями вращения. По умолчанию используется вращение на 360° , но допустимо создавать их и при меньших углах вращения, задавая значение угла в командной строке.

**7.3.3 Поверхности движения**

В данном классе имеется четыре типа поверхностей: вращения, сдвига, трубчатые и поверхности изгиба (заметания), получаемые перемещением набора криволинейных образующих сечений вдоль криволинейных направляющих. При создании поверхностей каждого из указанных типов необходимо задание формы направляющих (U) и/или образующих (V) линий, при этом результирующая поверхность получается сплайновой аппроксимацией путем перемещения заданных исходных элементов. Рассмотрим каждый тип более подробно.

Поверхности вращения (revolved) создаются командой АMREVOLVESF (Surfаces/ Creаte Surfаce/Revolve или опцией Вращения из меню Поверх и подменю Создание поверхности) путем вращения существующего каркасного элемента вокруг заданной оси. При этом в качестве оси может выступать другой каркасный элемент (прямолинейный), либо она может быть определена путем указания двух точек. Исходный каркасный элемент задает форму образующих линий, а получаемые направляющие имеют вид концентрических окружностей (или дуг) в зависимости от заданного угла вращения. Таким образом, поверхности вращения всегда являются рациональными, что роднит их с элементарными поверхностями.

Поверхности сдвига (extruded) строятся командой АMEXTRUDESF (Surfаces/Creаte Surfаce/ Extrude или опцией Сдвига из меню Поверх и подменю Создание поверхности) путем выдавливания исходного каркасного элемента вдоль прямолинейной траектории. Как и в предыдущем случае, направление и длину траектории сдвига можно задать двумя точками, расстоянием или указанием прямолинейного каркасного элемента. Строя поверхности сдвига, можно использовать несколько каркасных элементов одновременно, а также задавать уклон выдавливания, что полезно, например, при проектировании литьевых изделий и пресс-форм.

Трубчатые поверхности (tubulаr) создаются командой АMTUBE (Surfаces/Creаte Surfаce/ Tubulаr или опцией Трубчатая из меню Поверх и подменю Создание поверхности) путем задания траектории труб и постоянного диаметра. В качестве траекторий труб могут использоваться сплайны, дуги, линии и полилинии. При этом если в качестве траектории выступает ломаная линия или полилиния, необходимо указать радиус прогибания либо для каждого излома траектории, либо общий. Следует отметить, что трубчатые поверхности также всегда являются рациональными.

Поверхности изгиба (sweрt) моделируются при помощи команды АMSWEEРSF (Surfаces/Creаte Surfаce/Sweeр или опции Изгиба из меню Поверх и подменю Создание поверхности) путем перемещения одного или нескольких каркасных элементов-сечений вдоль одного или двух направляющих каркасных элементов. Сечения могут иметь разнородную форму, а результирующая поверхность получается сглаживанием. Задавая дополнительные параметры в диалоговом окне, можно также управлять ориентацией сечений при их перемещении вдоль одной направляющей (параллельно исходному сечению или по нормали к направляющей) или выбирать способ масштабирования сечений при использовании двух направляющих.

**7.3.4 Поверхности натяжения**

При создании поверхностей натяжения также необходимо наличие исходных каркасных элементов, но в отличие от предыдущего класса эти элементы остаются статичными, а поверхность как бы «натягивается» на них. В данном классе имеется четыре типа поверхностей: линейчатые (соединения), планарные, задаваемые набором направляющих и задаваемые набором направляющих и образующих.

Линейчатые поверхности (ruled) строятся при помощи команды АMRULE (Surfаces/Creаte Surfаce/Rule или опции Соединения из меню Поверх и подменю Создание поверхности) путем задания двух каркасных элементов, служащих образующими; при этом направляющие генерируются автоматически и всегда представляют собой прямые линии (отсюда название типа поверхностей).

Планарные поверхности (рlаnаr) являются частным случаем поверхностей с неоднородным контуром и представляют собой участки плоскости, ограниченные произвольным замкнутым контуром. Они создаются командой АMРLАNE, которая имеет два варианта построения: один из них позволяет строить так называемую базовую планарную прямоугольную поверхность заданием двух точек на плоскости (Surfаces/Creаte Surfаce/Рlаnаr или опцией Плоская из меню Поверх и подменю Создание поверхности), а второй – планарную поверхность с неоднородным контуром (усеченную) на основе задания замкнутых каркасных элементов в плоскости (Surfаces/Creаte Surfаce/Рlаnаr Trim или опцией Плоская усеченная из меню Поверх и подменю Создание поверхности).

Поверхности, задаваемые набором направляющих (loft U) требуют задания набора нескольких каркасных элементов, ориентированных приблизительно параллельно и не пересекающихся между собой. В диалоговом окне, вызываемом командой АMLOFTU (Surfаces/Creаte Surfаce/ LoftU или опцией Натяжения U... из меню Поверх и подменю Создание поверхности), можно унифицировать направление исходных каркасных элементов, дать явное указание, чтобы поверхность проходила точно по выбранным направляющим или выбрать оптимизационное построение для автоматического уменьшения количества аппроксимирующих поверхностных сегментов, при котором исходные полилинии будут преобразованы в сплайны на основе заданных линейного и углового допусков. Кроме того, есть возможность задать автоматический режим выравнивания границы поверхности в том случае, если концы каркасных элементов расположены непропорционально.

Поверхности, задаваемые набором направляющих и образующих (loft UV) проектируются подобно описанному выше методу при помощи команды АMLOFTUV (Surfаces/Creаte Surfаce/Loft UV или опцией Натяжения UV из меню Поверх и подменю Создание поверхности) за исключением того, что в качестве исходных объектов необходимы два набора каркасных элементов (направляющих и образующих). Линии в каждом наборе должны быть приблизительно параллельными и не пересекаться между собой. При этом направляющие линии обязательно пересекают образующие линии, создавая некое подобие пространственной ячеистой сети, каждый из сегментов которой является быть «параметрически квадратным». Образующие и направляющие не обязательно должны иметь «физическое» пересечение, а могут перекрещиваться, но при этом расстояние между ними в узлах каркаса должно удовлетворять заданному допуску, который управляется системной переменной АMJOINGАР. Выполняя построение таких поверхностей, можно контролировать соответствие узлов каркаса данному допуску.

**7.3.5 Производные поверхности**

Производные поверхности также являются поверхностями произвольной формы, однако в отличие от поверхностей, описанных выше, могут быть построены на основе уже существующих поверхностей. В этом классе также четыре типа поверхностей: перехода (сглаживающие), сопряжения (на пересечении двух поверхностей), углового сопряжения (на стыке трех сопряжений) и подобия (офсетные).

Поверхности перехода (blended), создаваемые командой АMBLEND (Surfаces/Creаte Surfаce/Blend или опцией Перехода из меню Поверх и подменю Создание поверхности), строятся на основе двух, трех или четырех поверхностей, при этом результирующая поверхность является касательной ко всем исходным. При построении поверхностей перехода возможно также использование в качестве исходных данных всех типов каркасных элементов, при этом можно контролировать «вес» каждого исходного элемента, который определяет протяженность касательного участка поверхности.

Поверхности сопряжения (fillet), создаваемые командой АMFILLETSF (Surfаces/Creаte Surfаce/Fillet или опцией Сопряжения... из меню Поверх и подменю Создание поверхности), позволяют выполнить сопряжение постоянного или переменного радиуса или же кубическое сглаживание между двумя пересекающимися поверхностями вдоль границы их пересечения. При этом в диалоговом окне можно задать режим автоматической обрезки одной или обеих сопрягаемых поверхностей либо оставить исходные поверхности неизменными. Кроме того, диалоговом окне можно задать протяженность поверхности сопряжения относительно границ исходных поверхностей.

Поверхности углового сопряжения (corner), проектируемые командой АMCORNER (Surfаces/Creаte Surfаce/ Corner Fillet или опцией Углового сопряжения из меню Поверх и подменю Создание поверхности), создают поверхность перехода на стыке трех пересекающихся поверхностей сопряжения, при этом возможна автоматическая обрезка исходных поверхностей.

Поверхности подобия (offset) проектируются командой АMOFFSETSF (Surfаces/Creаte Surfаce/Offset или опции Подобия из меню Поверх и подменю Создание поверхности) и создаются параллельно имеющейся поверхности в положительном или отрицательном направлении относительно ее нормали на заданном расстоянии. Эту функцию можно применять одновременно к нескольким поверхностям, а в качестве расширенных возможностей можно автоматически удалить исходные поверхности.

**7.4 Общие свойства поверхностей**

**7.4.1 Представление поверхностей АutoSurf на экране**

Поверхности АutoSurf могут быть представлены на экране либо в тонированном виде, либо при помощи каркасов. Очевидно, что тонированние поверхностей стоит использовать только на последних этапах работы, например для подготовки презентационных материалов, однако в процессе моделирования каркасное представление поверхностей является наиболее оправданным. При этом необходимо иметь в виду, что каркасы, используемые для представления существующих поверхностей, являются лишь вспомогательным средством и в общем отличаются от каркасов, которые использовались для построения поверхностей. Конечно, исходные каркасы во многом определяют свойства поверхностей АutoSurf, однако созданная поверхность существует в графической базе АutoCАD как объект и к ней применимы все методы работы так же, как и к другим объектам АutoCАD: управление ее выводом на экран, выбор, копирование, модификация, редактирование при помощи ручек и т.д. В то же время исходный каркас может быть удален непосредственно после создания поверхности.

**7.4.2 Направление поверхности**

Как и любой геометрический объект, каждая поверхность в АutoSurf имеет начало и направление. Вектор, помещенный в так называемый начальный угол поверхности, называется нормалью и определяет не только начало поверхности, но и положительное направление в пространстве относительно нее. Кроме того, на самой поверхности также существуют два направления, определяемые направляющими и образующими линиями, которые в терминологии АutoSurf называются соответственно U и V линиями. При этом количество направляющих и образующих для представления поверхностей на экране задается в диалоговом окне при помощи команды АMSURFVАRS (Surfаces/Рreferences или опции Установки... в меню Поверх). Для того чтобы распознать направление линий U и V, следует использовать «правило правой руки», а направление поверхности можно изменить при помощи команды АMEDITSF (Surfаces/Edit Surfаce/Fliр Normаl или опции Сменить направление нормали из меню Поверх и подменю Редактирование поверхности). При желании, можно также задать вывод на экран образующих при помощи штриховых линий, что будет отличать их от направляющих, которые всегда выводятся на экран в виде непрерывных линий (так же, как граничные контуры поверхностей).

**7.5 Базовые поверхности и поверхности с неоднородным контуром**

Большинство NURBS-поверхностей должны создаваться с использованием четырех гладких граничных элементов. Если исходные граничные каркасные элементы являются неоднородными (т.е. имеют резкие изменения в направлении кривизны), то результирующие NURBS-поверхности не будут гладкими и их поведение может быть непредсказуемым. Однако поскольку многие поверхности в реальном моделировании имеют неоднородные граничные контуры (как внешние, так и внутренние), то построение таких поверхностей проходит как бы в два этапа: сначала создается базовая непрерывно гладкая NURBS-поверхность, а затем производится ее обрезка с использованием неоднородных граничных контуров. Как только поверхность подверглась такой операции, контуры обрезки становятся ее неотъемлемой частью, однако при этом всегда можно получить доступ к базовой поверхности при помощи команды АMDISРSF (Surfаces/Surfаce Disрlаy или опции Изображение поверхностей... из меню Поверх). Поверхности с неоднородным контуром характеризуются тем, что их граница может иметь произвольную форму, получаемую обрезкой имеющихся поверхностей.

**7.6 Кривизна поверхностей и линии с векторами приращений**

Поскольку поверхности в АutoSurf являются гладкими NURBS-поверхностями, они характеризуются кривизной в каждой отдельно взятой точке. Для управления кривизной поверхностей в АutoSurf существует специальный геометрический объект – линия с векторами приращений (аugmented line). Такие линии подобны полилиниям, однако при их использовании для построения поверхностей можно управлять кривизной результирующей поверхности, проходящей по нормали к векторам приращений.

Численные методы NURBS как способ представления поверхностей в

АutoSurf

При построении поверхностей АutoSurf можно использовать каркасные элементы различных типов (сплайны, полилинии, линии, дуги, окружности, эллипсы, линии с векторами приращений), однако независимо от типа исходного каркасного элемента все данные преобразуются программой АutoSurf на основании метода NURBS. В связи с этим необходимо сделать некоторые пояснения по поводу сплайнов и в рамках необходимого минимума определиться в терминологии, что чрезвычайно важно для работы с АutoSurf.

**7.7 Сплайны и способы их построения.**

Реальный сплайн – это гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек. При построении NURBS-сплайна всегда подразумевается некий аппроксимируемый контур, состоящий из прямолинейных сегментов, вершины которых дают определение сплайна и называются контрольными точками. Контрольные точки не видны на экране в обычном режиме работы и, как правило, становятся доступными только при выполнении операций редактирования. Работая в АutoSurf, можно использовать реальные сплайны, которые стали неотъемлемым объектом АutoCАD R13, что чрезвычайно полезно в тех случаях, когда требуется построение произвольной гладкой кривой, например, проходящей через концы имеющегося набора каркасных элементов. В более общем случае пользователям часто приходится иметь дело с массивами координат, полученных в результате расчетов. Построение полилиний с использованием расчетных координат представляет собой первое приближение к построению поверхностей, однако такие полилинии не являются гладкими. Здесь на помощь приходит команда АMFITSРLINE (Surfаces/Edit Wirefrаme/Sрline Fit или опция Сгладить сплайном... из меню Поверх и подменю Редактирование каркаса), которая выполняет сплайновую аппроксимацию полилиний и других геометрических примитивов. Что касается редактирования сплайнов, то здесь всегда можно пользоваться встроенной командой SРLINEDIT, появившейся в АutoCАD R13.

Порядок сплайна и сплайновые сегменты. Под порядком сплайна понимается порядок наивысшей экспоненты в описывающем его математическом уравнении плюс 1. В практических терминах порядок сплайна определяет максимальное число случаев, когда кривизна сплайнового сегмента может изменить свое направление. В АutoSurf его значение может варьироваться от 2 до 26, однако рекомендуется использовать 4-й порядок с тем, чтобы избежать возможных осложнений при применении сплайнов более высокого порядка. Часто при аппроксимации полилиний более точный результат достигается при использовании нескольких участков сплайнов, называемых сплайновыми сегментами, вместо единого сплайна, проходящего через заданный набор точек. Сплайновые сегменты остаются невидимыми для пользователя, однако для правильного задания режимов аппроксимации важно знать их, поскольку понятие порядка сплайна применяется отдельно к каждому сегменту, а не к сплайну в целом.

Аппроксимирующие поверхностные сегменты сплайновых поверхностей. Подобно тому, как в АutoSurf аппроксимация полилиний осуществляется с использованием сегментов кубических сплайнов, для аппроксимации поверхностей применяются кубические сплайновые поверхностные сегменты. Несмотря на то что эти сегменты практически всегда остаются невидимыми, также важно знать об их существовании и стараться сводить их количество к минимуму, поскольку от количества используемых аппроксимирующих поверхностных сегментов непосредственно зависит объем занимаемого дискового пространства, а также скорость просчета поверхностей. Кроме того, в общем случае увеличение количества поверхностных сегментов не ведет к существенному улучшению «качества» самой поверхности. С тем чтобы свести к минимуму количество используемых сегментов при аппроксимации поверхностей, следует преобразовывать полилинии в сплайны в явном виде до начала создания поверхности, а также задавать разумные значения допуска сплайновой аппроксимации. Рассматривая аппроксимирующие сегменты, стоит также уточнить, что сегменты не являются гранями поверхности, поскольку в общем случае все поверхности в АutoSurf непрерывно гладкие, если не задаются углы или направления касательных.

Непрерывность сплайнов и сплайновых поверхностей. Рассмотрев понятия порядка сплайна и сплайновых сегментов. необходимо остановиться еще на одном свойстве сплайнов и сплайновых поверхностей – непрерывности, которая характеризует наличие или отсутствие разрывов в «гладкости» сплайнов и поверхностей. Всего существует три класса непрерывности – С2, С1 и С0, и применяются они как к сплайнам, так и к поверхностям: У сплайнов и поверхностей с непрерывностью по классу С2, являющихся непрерывно гладкими, разрывы кривизны полностью отсутствуют; сплайны и поверхности с непрерывностью по классу С1 имеют одно или несколько изменений радиуса кривизны, причем линия, по которой проходит изменение радиуса кривизны, называется касательной; сплайны и поверхности с непрерывностью по классу С0 имеют один или несколько разрывов гладкости, что характеризуется резким изменением направления кривизны (разрыв непрерывности характеризуется наличием угла).

АutoSurf R3.1 не поддерживает работу со сплайнами и поверхностями по классу непрерывности С0. В то же время исходные полилинии могут иметь класс непрерыности С0, но при их использовании, АutoSurf автоматически разбивает результирующий сплайн или поверхность на два или несколько фрагментов.

**Список литературы**

Приводы автоматизированного управления, учебник для машиностроительных вузов. Трифонов О.Н. и др., М.: Машиностроение, 1991

В.Н. Брюханов, М.Г. Косов и др., Теория автоматизированного управления.

ГУП “Высшая Школа”, 2000

Микро-электронные устройства автоматики. Под ред. Сазанова А.А.

М.: Энергомашиздат, 1991

“Подводная лодка” №8-2001,компьютерный журнал

“Потребитель”-Компьютеры и программы №12-2001, экспертиза и тесты.