

ПРЕИМУЩЕСТВА САПР/АПП

Внедрение систем САПР/АПП вызвано эффективностью этих систем и повышением уровня автоматизации производства, использующего названные системы. Эффективность интегрированных САПР/АПП определяется следующими факторами:

- увеличение производительности высококвалифицированного оперативного персонала, возможность сокращения его численности и, соответственно, сокращение затрат на оплату труда;
- сокращение длительности цикла производства и ускорение реакции производства на запросы потребителей, что обеспечивает максимальную прибыль производителю;
- уменьшение влияния субъективного фактора операторов на результаты проектирования и производства, что приводит к повышению качества производственного процесса (уменьшение субъективных ошибок, оптимизация технических решений, повышение качества конструкторской и технологической документации и др.).

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР/АПП

Для реализации САПР/АПП необходимы ЭВМ с достаточно высокими вычислительными возможностями, оснащенные развитыми средствами ввода-вывода графической информации. Использование персональных компьютеров в этой области возможно, но не является оптимальным, поскольку эти компьютеры ориентированы, в первую очередь, на офисные и персональные приложения.

При работе с графикой, что требуется в САПР, компьютер должен обрабатывать большие объемы информации. При недостаточном быстродействии компьютера эта обработка требует значительного времени, и процесс проектирования существенно замедляется. Кроме этого для корректного вывода графической информации необходимы средства с минимальными геометрическими искажениями и с высоким разрешением.

Имеется и ещё целый ряд специфических требований к компьютерам для САПР. Для эффективной работы в САПР компьютер должен иметь, в первую очередь, высокое быстродействие, большой объём оперативной памяти, качественную графическую систему, развитые средства ввода-вывода графической информации. Наиболее полно этим требованиям отвечают рабочие станции.

В целом графическую рабочую станцию можно охарактеризовать как мощный персональный компьютер, ориентированный на работу со

всеми видами компьютерной графики: векторной, растровой и трёхмерной. Продуктивная работа с графическими приложениями предусматривает наличие:

- достаточного объёма видеопамати для работы в больших разрешениях с глубиной цвета 32 бита;
- достаточного для эффективной работы объёма оперативной памяти;
- мощного процессора (или нескольких), производительность которого позволяет производить обработку графики в режиме реального времени;
- поддержки на аппаратном уровне стандартов OpenCL и DirectX, которые требуются многим графическим редакторам.

DirectX обеспечивает доступ к функциям дисплея и аудиоплаты, которые позволяют реализовать в программах реалистичную трёхмерную графику и впечатляющие музыкальные и звуковые эффекты. DirectX представляет собой набор интерфейсов прикладного программирования (API), обеспечивающих для программ Windows поддержку высокопроизводительных технологий мультимедиа с аппаратным ускорением.

В компьютерах современных рабочих станций используются видеокарты, обеспечивающие разрешение от 2048×1536 пикселей при частоте обновления экрана 60 – 75 Гц и до 3840×2400 пикселей с частотой обновления экрана 25 Гц. При необходимости обеспечить правильную цветопередачу изображения (например, в издательских системах) используются только ЭЛТ-мониторы. Современные LCD-мониторы для этих целей не подходят из-за плохой цветопередачи.

Как правило, графическая рабочая станция позволяет работать одновременно с двумя мониторами. Один используется для вывода графики, а другой – для вывода текущей информации. Рабочая станция имеет развитую систему интерфейсов для подключения различных устройств ввода-вывода графической информации.

Укрупнено состав рабочей станции показан на рис. 15. Компьютер рабочей станции может быть одно- или двухпроцессорным. Используются как обычные процессоры PC-совместимых компьютеров, так и RISC-процессоры. Тактовая частота процессора обычно составляет 2 – 3 ГГц, исключение составляют RISC-процессоры, рассчитанные на меньшие тактовые частоты.

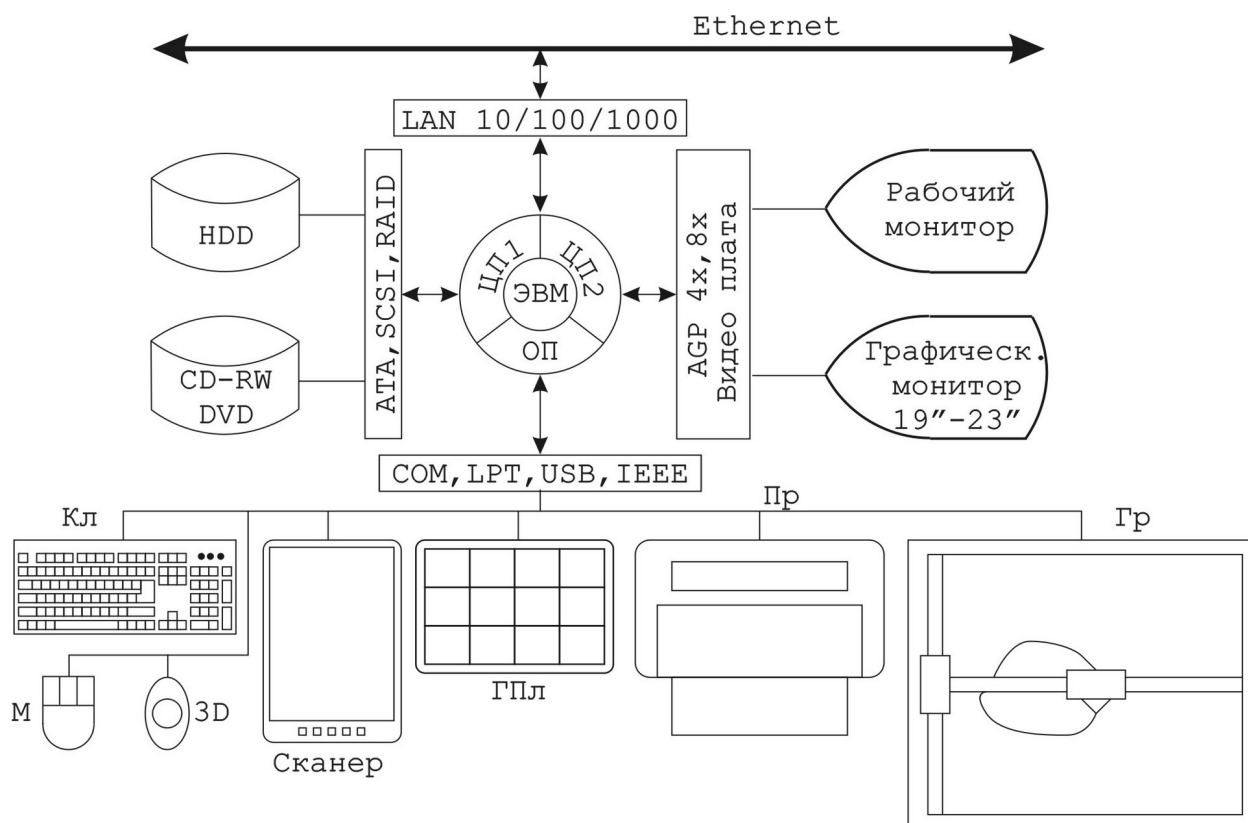


Рис. 15. Состав рабочей станции

Для повышения быстродействия компьютера повышают тактовую частоту системной магистрали, которая для компьютеров рабочих станций лежит в пределах 400 – 800 МГц.

При работе с графикой требуются увеличенные объёмы оперативной памяти ОП. Этот объём лежит в пределах 0.5 – 12 Гб. Тактовая частота памяти составляет 400 – 533 МГц. Часто используется двухпортовая память для ускорения обмена данными с памятью.

Долговременное хранение информации обеспечивается внешними запоминающими устройствами ВЗУ на магнитных HDD и оптических (CD, DVD) дисках. Ёмкость HDD составляет десятки и сотни гигабайт. Для повышения скорости передачи данных используются высокоскоростные приводы дисков со скоростью вращения диска 10000 об/мин и даже 15000 об/мин. Существенное значение имеет использование скоростных интерфейсов при организации обмена информацией с дисковыми накопителями, таких как модернизированный интерфейс ATA, интерфейсы SCSI, RAID.

Встроенные графические акселераторы позволяют существенно повысить скорость вывода графической информации. Для этой же цели повышается тактовая частота обмена данными с графической платой. Используются скоростные стандарты AGP 4x, AGP 8x.

Рабочая станция предполагает использование различных периферийных устройств, состав которых может меняться при смене решаемых инженерных задач. Для взаимодействия с этим оборудованием у компьютера предусматривается соответствующий набор портов ввода-вывода, отвечающих требованиям наиболее распространённых стандартов. Общее число портов может составлять 6 – 10.

В состав портов входят универсальные последовательные порты USB, получившие в последнее время большое распространение. Предусматриваются также порты для бескабельной передачи информации.

Поскольку рабочая станция обычно входит в состав комплексной системы автоматизации инженерной деятельности, то она оснащается средствами для работы в локальной вычислительной сети (ЛВС или LAN). Для этого используется адаптер сети, интегрированный в системную плату. Такие адаптеры обычно рассчитаны на стандарт Ethernet со скоростью обмена 10/100 Мбит/с. Всё чаще устанавливаются адаптеры со скоростью обмена 1 Гбит/с.

В составе периферийного оборудования рабочей станции, прежде всего, необходимо выделить монитор, используемый для отображения выводимой информации. Поскольку при решении задач САПР необходимо интенсивно работать с большими объёмами графической информации, то рабочая станция часто оснащается двумя мониторами. Один монитор используется для поддержания диалога пользователя с системой, а другой специализирован для вывода графической информации.

Графический дисплей должен обеспечивать высокое разрешение, отсутствие геометрических искажений выводимого изображения и, по возможности, большое рабочее поле, привычное для конструктора, работающего с чертежами формата А2 – А0. В качестве графических мониторов используются мониторы с размерами экрана 19" – 23" по диагонали. Типы мониторов могут быть различными, однако, если необходима правильная цветопередача, то используется монитор на электронно-лучевой трубке.

Для получения бумажных копий конструкторских документов в составе рабочей станции предусматриваются графопостроители, чертёжные автоматы или плоттеры (обозначены *Гр* на рис. 15). Использование цветных плоттеров позволяет повысить качество оформления конструкторской документации. Для вывода текстовой документации используются обычные принтеры (*Пр* на рис. 15).

Принтеры могут использоваться и для получения черновых копий чертежей.

Стандартными средствами ввода информации пользователя являются клавиатура и мышь (*Кл* и *М* на рис. 15). Однако при решении задач проектирования и работе с графикой этих средств ввода оказывается недостаточно. Поэтому рабочая станция часто оснащается 3D-манипуляторами и графическими планшетами (*3D* и *Гпл* на рис. 15).

При вводе графической информации используются также и сканеры. Сканер может использоваться, например, при переводе имеющихся конструкторских архивов в цифровую форму представления чертежей и текстовой документации.

Конкретный набор периферийных устройств рабочей станции варьируется в зависимости от её назначения. Графическая рабочая станция существенно дороже персонального компьютера. Разница в стоимости может достигать трех – пяти раз даже при минимальной комплектации рабочей станции.

ОБЗОР ИНТЕГРИРОВАННЫХ САПР/АПП

Система КОМПАС

Отечественное акционерное предприятие АСКОН занимается разработкой комплексных систем автоматизации конструкторско-технологического проектирования. В 80-е годы компания выпустила на отечественный рынок "КОМПлекс Автоматизированных Систем" (КОМПАС) на базе персональных ЭВМ. В комплекс включены:

- КОМПАС-ГРАФИК – графическая система для конструктора;
- КОМПАС-Т/М – САПР технологических процессов механообработки;
- КОМПАС-ЧПУ – САП управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- КОМПАС-МАСТЕР – инструментальные средства разработчика САПР;
- КОМПАС-МОНИТОР – интегрированная оболочка;
- КОМПАС-БИБЛИОТЕКИ – прикладные библиотеки.

Система ориентирована на использование на персональном компьютере с DOS. Структура системы КОМПАС приведена на рис. 16.

Система КОМПАС состоит из отдельных подсистем, которые могут использоваться как автономно, так и в комплексе. Подсистема КОМПАС-ГРАФИК предназначена для автоматизации проектирования

и является САД-системой. С её использованием конструктор может разрабатывать конструкторскую документацию и выполнять геометрическое моделирование.

Подсистема КОМПАС-Т/М предназначена для автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки. С её использованием технолог может разрабатывать технологические процессы обработки деталей и оформлять технологическую документацию.

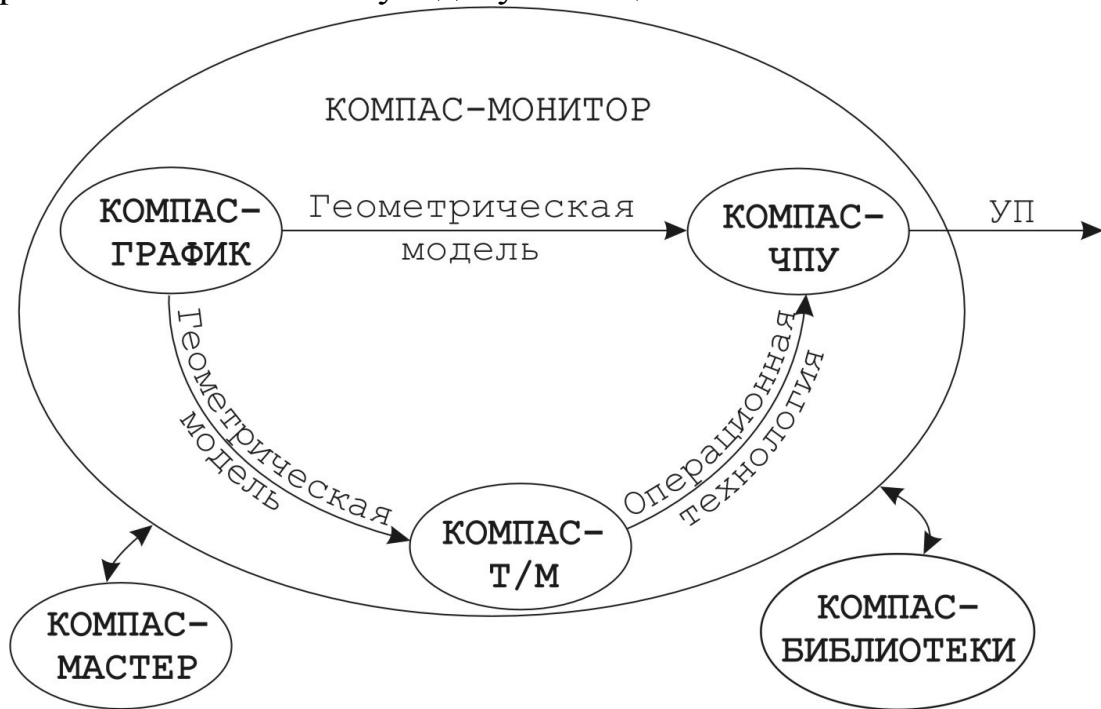


Рис. 16. Состав САПР/АПП КОМПАС

Подсистема КОМПАС-ЧПУ предназначена для автоматизации программирования станков с ЧПУ. Разработка УП производится на основе геометрической информации, полученной из САД-системы, а также на основе информации о технологическом процессе, созданном в подсистеме КОМПАС-Т/М. Результатом взаимодействия этих систем является комплекс УП для оборудования с ЧПУ, с помощью которого реализуется производство создаваемых в ходе проектирования деталей.

Для согласованного использования автоматизированных подсистем и ведения проекта в целом имеется интегрированная оболочка КОМПАС-МОНИТОР. Средствами этой оболочки отслеживается ход работ по выполнению проекта, производится согласование вносимых отдельными подсистемами изменений и ведётся контроль выполнения работ.

Дополнительными средствами автоматизации проектирования являются подсистемы КОМПАС-МАСТЕР и КОМПАС-БИБЛИОТЕКИ. КОМПАС-МАСТЕР – это инструментальная система, предназначенная

для построения специализированных конструкторских САПР (проектирование штампов, пресс-форм, приспособлений, специнструмента и т.п.) в графической среде КОМПАС. При этом сохраняется единый интерфейс с КОМПАС-ГРАФИК и используются её графические возможности.

В подсистеме КОМПАС-БИБЛИОТЕКИ объединены различные библиотеки (справочники), используемые при проектировании и разработке технологий, и облегчающие работу конструктора и технолога.

Подсистема КОМПАС-ГРАФИК

Система автоматизированного проектирования КОМПАС-ГРАФИК позволяет работать как с чертежами, так и с объёмными моделями. При работе с чертежами используются общепринятые приемы создания элементов чертежа.

Наиболее простым и понятным способом построения является прямое указание курсором точек на поле ввода. Например, при создании отрезка выполняется последовательная фиксация его начальной точки, а затем конечной точки. Другим способом является указание точных значений координат для перемещения в нужную точку и ее последующая фиксация. Для отображения и ввода координат предназначены специальные поля значений координат X и Y , отображаемые в "*Строке текущего состояния*".

Каждый чертежный объект в КОМПАС-ГРАФИК обладает некоторым набором характеристик, или параметров. Например, параметрами отрезка прямой линии являются координаты X и Y его начальной и конечной точек, длина и угол наклона. Можно однозначно определить отрезок, задав координаты его начальной точки совместно с длиной и углом наклона, при этом координаты конечной точки рассчитываются автоматически. Для других объектов количество параметров может быть большим (например, для эллипса). Одновременное управление всеми этими параметрами позволяет гибко изменять чертеж.

Большие возможности при черчении предоставляет параметризация чертежей. При параметризации осуществляется ввод ассоциативных (связанных с базовыми объектами) размеров, штриховок, обозначений центра, обозначений шероховатости, баз, допусков и т.д. При редактировании базовых объектов автоматически

перестраиваются и ассоциированные с ними объекты оформления (в том числе изменяются значения размеров).

Создавать параметрические графические объекты возможно либо путем программирования, либо путем интерактивного формирования модели непосредственно при черчении. В КОМПАС использована вариационная технология параметризации, когда можно накладывать ограничения (связи) на объекты уже начерченного ранее изображения узла или детали, причем в любом порядке, не придерживаясь какой-либо жесткой последовательности. В этом случае возможно произвольное изменение модели, не приводящее к необходимости повторных построений с самого начала.

Работая в параметрическом режиме, можно накладывать различные размерные (линейные, угловые, радиальные и диаметральные) и геометрические (параллельность, перпендикулярность, касание, принадлежность точки к кривой, фиксация точки и т.д.) ограничения на объекты модели, а также задавать уравнения и неравенства, определяющие зависимость между параметрами модели.

Отличие параметрического изображения от обычного состоит в том, что в нем предусмотрены взаимосвязи между объектами. Часть взаимосвязей формируется автоматически при вводе (совпадения точек, положение точки на какой-то геометрической кривой, параллельность, перпендикулярность, симметрия, касания), если, конечно, пользователь не отключил такую возможность. Совпадения точек и положение точки на кривой параметризуются через выполненную при указании этой точки привязку (глобальную или локальную), а условия параллельности, перпендикулярности и касания - в соответствующих процессах ввода объектов.

Параметризация может осуществляться с помощью команд, предназначенных для наложения на графические объекты связей и ограничений (параллельность, перпендикулярность, симметрия, касание, выравнивание по вертикали и горизонтали, равенство длин или радиусов и т.д.). При редактировании параметризованного объекта другие объекты перестраиваются автоматически в соответствии с заданной связью.

Вставка в графический документ параметрического фрагмента и изменение параметров объектов в этом фрагменте осуществляется путем задания значений управляющих переменных.

При проектировании возникает задача расчёта параметров создаваемых деталей. Для автоматизации расчётов в составе

графической подсистемы КОМПАС имеются средства для расчета массо-центровочных (массо-инерционных) характеристик фигур, тел вращения и тел выдавливания (в том числе фигур и тел с отверстиями).

К ним относятся

1. объем,
2. координаты центра тяжести,
3. осевые моменты инерции в заданной системе координат,
4. центробежные моменты инерции в заданной системе координат,
5. осевые моменты инерции в центральной системе координат,
6. центробежные моменты инерции в центральной системе координат,
7. плоскостные моменты инерции.

Значительные возможности представляет использование при проектировании трёхмерных моделей. Такая модель строится в трёхмерной системе координат. Плоскости этой трёхмерной системы координат используются для построения проекций.

Построение трёхмерной модели детали начинается с создания основания – ее первого формообразующего элемента. Основание есть у любой детали; оно всегда одно. В качестве основания можно использовать любой тип формообразующих элементов:

- элемент выдавливания,
- элемент вращения,
- кинематический элемент,
- элемент по сечениям.

В некоторых случаях можно выбрать основание (а также наметить дальнейший порядок проектирования детали), представив технологический процесс ее изготовления. Построение любого основания начинается с создания эскиза. Эскиз располагается на плоскости. Как правило, для построения эскиза основания выбирают одну из существующих в файле детали проекционных плоскостей.

Подсистема КОМПАС-ЧПУ

Система КОМПАС-ЧПУ является автоматизированной системой программирования станков с ЧПУ и позволяет разрабатывать управляющие программы для 2,5 – координатной обработки. В качестве исходной информации система использует геометрическую информацию об обрабатываемой детали из КОМПАС-ГРАФИК.

На основе исходной информации в диалоговом режиме взаимодействия с пользователем система позволяет решать следующие задачи:

- расчёт режимов резания;

- подготовка управляющих программ для различных моделей УЧПУ;
- имитация обработки в режиме графического контроля;
- подготовка технологической документации (операционные эскизы, инструментальные наладки и пр.);
- организация хранения технологической информации;
- формирование архива управляющих программ и коррекция программ в случае необходимости.

В КОМПАС-ЧПУ нет исходной программы на АРТ-подобном языке. Исходные данные для программирования задаются в виде технологических параметров обработки путем заполнения табличных форм в диалоговом режиме. На основе этих данных система производит необходимые расчёты и формирует УП в командах используемого УЧПУ. При необходимости исходная программа может быть получена в технологической системе КОМПАС-Т/М.

КОМПАС-ЧПУ позволяет программировать обрабатывающие центры, станки с ЧПУ токарной группы, электроэрозионные станки с ЧПУ, оборудование газо-плазменной резки с ЧПУ, гравировальное оборудование с ЧПУ. Для этого в состав КОМПАС-ЧПУ включены соответствующие программные подсистемы, которые могут использоваться автономно.

Обобщённый алгоритм разработки управляющей программы в КОМПАС-ЧПУ представлен на рис. 17. Вначале разрабатывается исходная программа (ИП) в виде последовательности типовых технологических блоков, каждый из которых соответствует определённому типовому переходу в реализуемой операции.

Составляется ИП путем ввода технологической информации в типовые таблицы в интерактивном режиме. Кроме этого системой используется геометрическая информация из КОМПАС-ГРАФИК. В КОМПАС-ЧПУ блок – это законченный набор технологических действий, полностью определяющий выбранный тип обработки. Блоки делятся на технологические и вспомогательные. Технологические блоки

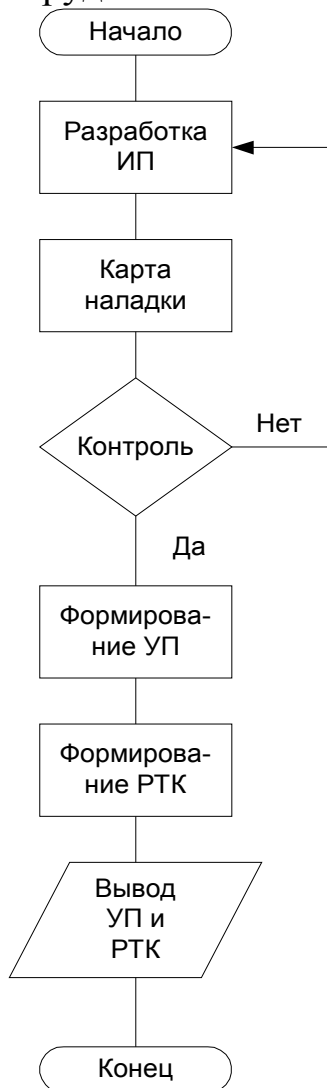


Рис. 17

описывают формоизменяющие действия, а вспомогательные – дополнительные условия.

Каждый блок характеризуется технологической информацией, объём которой достаточен для расчёта всех данных по текущему виду обработки. В результате расчёта определяется алгоритм обработки, который представляется в табличной форме и содержит сведения о выбранных системой обрабатывающих инструментах. Этот алгоритм можно корректировать.

После получения алгоритма обработки технолог осуществляет ввод геометрической информации, используя подсистему КОМПАС-ГРАФИК, например, путём вызова файла чертежа детали. В результате разрабатываются контуры обработки или определяется информация для позиционных блоков.

В системе предусмотрен режим графического контроля, в котором можно моделировать результаты выполнения блоков УП. Моделирование возможно как покадровое, так и в непрерывном режиме. В процессе моделирования можно переключать проекции, изменять способ отображения и др. При обнаружении ошибок необходим возврат к предыдущим действиям и коррекция кадров.

Когда создание исходной программы из блоков закончено, производится формирование карты наладки. Карта наладки формируется в виде таблицы инструментов с указанием кодировки инструментов, их размеров и стойкости.

После формирования карты наладки можно осуществить графический контроль всей программы. В этом случае осуществляется полное моделирование обработки и предоставляется возможность выявления ошибок с последующей коррекцией ИП.

Когда ИП отлажена, производится её трансляция в команды используемой для обработки стойки ЧПУ. Для создания УП применяется конкретный постпроцессор. Набор таких постпроцессоров входит в состав системы КОМПАС.

Для документального оформления технологического процесса оформляется расчётно-технологическая карта на операцию обработки. Затем осуществляется вывод результатов разработки. Система поддерживает различные устройства ввода-вывода и имеет возможность настройки адаптера ввода-вывода.

Современный КОМПАС

Система КОМПАС постоянно совершенствовалась и развивалась. В настоящее время КОМПАС ориентирован на работу под

операционной системой Windows и существенно усовершенствован. Современный комплекс состоит из нескольких основных компонентов:

- ядро комплекса — система управления инженерными данными и жизненным циклом изделия корпоративного уровня ЛОЦМАН:PLM, содержащая всю информацию об изделиях;

- информационная платформа — это набор единых баз данных (справочников) серии ЛОЦМАН, к которым обращаются остальные компоненты комплекса. К справочным относятся данные о материалах и сортаментах, используемых при производстве и эксплуатации выпускаемых изделий; данные о стандартных изделиях, используемых при комплектовании выпускаемых сборочных единиц; данные по единицам измерений; данные по оборудованию и инструменту, используемым в процессе производства и т.д.

- системы автоматизации конструкторской подготовки производства КОМПАС-3D и КОМПАС-График с множеством дополнительных специализированных САПР и библиотек;

- система автоматизации технологической подготовки производства КОМПАС-Автопроект, включающая дополнительные модули технологических расчетов, формирования отчетов и т.д.

Использование всеми участниками процесса проектирования единых справочников данных позволяет сформировать интегрированную среду совместной работы над проектом изделия. Так, например, материал, указанный конструктором в штампе чертежа проектируемой детали в системе КОМПАС-График, в точности соответствует материалу, указанному в описании технологического процесса изготовления той же самой детали в системе КОМПАС-Автопроект. Аналогично, стандартное крепежное изделие (например, болт), используемое в трехмерной модели сборки, созданной в системе КОМПАС-3D, адекватно отображается в дереве состава данной сборочной единицы в системе ЛОЦМАН:PLM как стандартное изделие соответствующей номенклатуры. Структура комплекса показана на рис. 18.

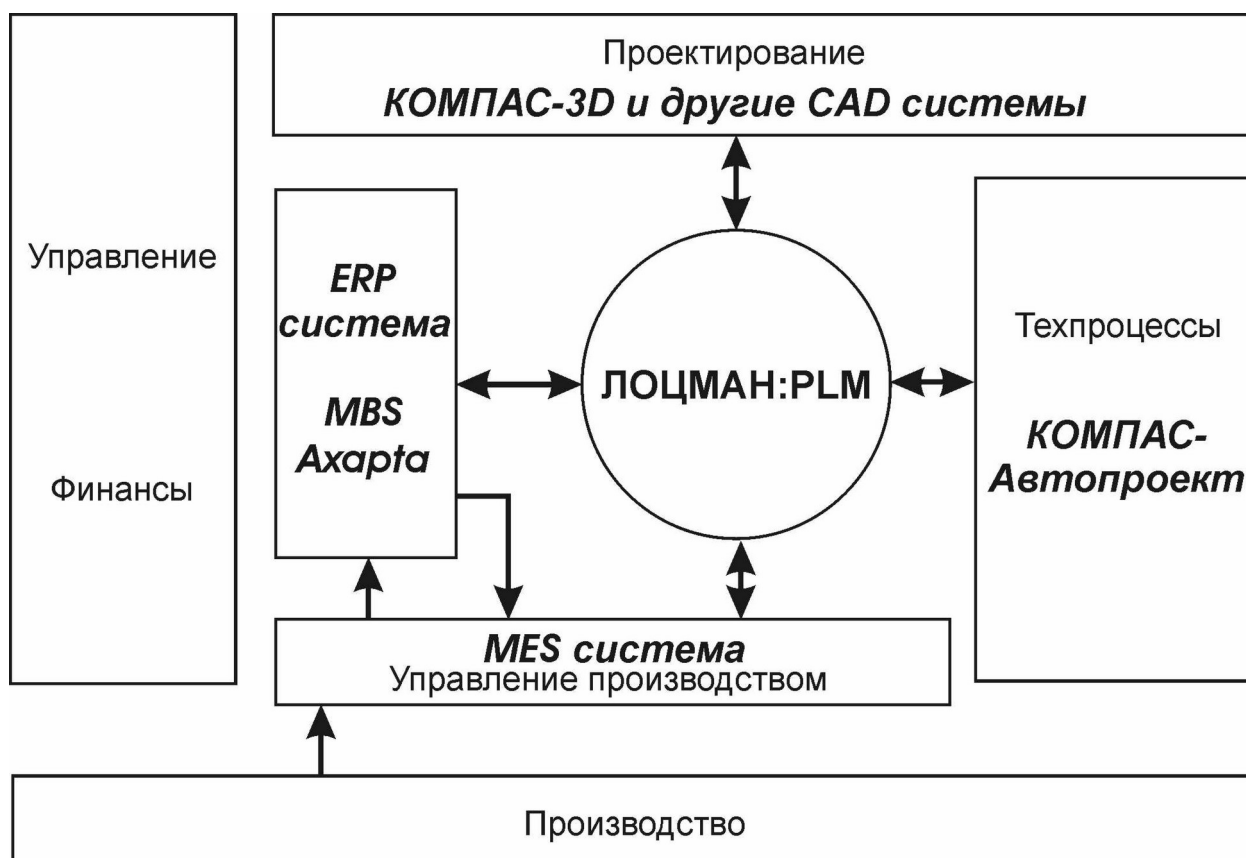


Рис. 18. Структура комплексной системы САПР/АПП КОМПАС

Система MES (Manufacturing Execution System) - это система управления производством, которая связывает воедино все бизнес-процессы предприятия с производственными процессами, оперативно предоставляет объективную и подробную информацию руководству. Кроме того, система MES проводит анализ и определяет наиболее эффективное решение проблемы - например, для конкретного руководителя таким решением может быть переход на другие источники сырья, внедрение систем автоматизации в определенные точки технологического процесса, изменение графика поставок или сокращение ручного труда.

ERP (Enterprise Resource Planning) - система управления деятельностью предприятия. Набор интегрированных приложений, позволяющих создать единую среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес операций предприятия (производство, финансы, снабжение, сбыта, хранение, техническое обслуживание). Система ERP характеризуется использованием графического интерфейса пользователя, реляционной базы данных, программным инструментарием для разработки архитектур клиент-сервер и переносимости на принципах открытых систем.

На этапе конструкторской подготовки производства главный конструктор проекта определяет в системе ЛОЦМАН:PLM укрупненный состав разрабатываемого изделия в виде перечня основных узлов. Используя модуль Workflow, интегрированный с системой электронной почты предприятия, он распределяет задания на проработку того или иного узла ведущим конструкторам отдела и впоследствии контролирует сроки и объемы выполненной работы.

При помощи систем КОМПАС-3D и КОМПАС-График конструкторы создают модель изделия и подготавливают комплект конструкторской документации, а в системе ЛОЦМАН:PLM параллельно формируется окончательный состав изделия.

По мере наполнения состава изделия конструкторскими данными технологи, используя систему КОМПАС-Автопроект, начинают технологическую проработку конструкции, определяют маршрут изготовления и оценивают потребность в средствах технологического оснащения. Далее технологические службы формируют маршрутно-операционную технологию, проектируют в системе КОМПАС-3D оснастку и инструмент, рассчитывают нормы расхода материалов, режимы обработки и трудоемкость операций.

Затем комплект технологической документации, соответствующей ГОСТ или стандартам предприятия, передается в производство. В результате вся информация об изделии сохраняется в системе ЛОЦМАН:PLM. Это является важнейшим условием для дальнейшей быстрой проработки модификаций изделия, проведения согласований с заказчиками и поставщиками, проектирования и запуска в производство новой продукции, преемственной с ранее разработанными проектами.

В технологическую САПР комплекса входят системы КОМПАС-Автопроект и ГЕММА-3D. КОМПАС-Автопроект предназначен для проектирования технологических процессов и состоит из следующих компонентов:

- система проектирования технологической размерной структуры;
- система расчета режимов резания;
- система расчета режимов сварки;
- система трудового нормирования;
- система трудового нормирования по укрупненным нормативам времени;
- АРМ нормирования материалов;
- переводчик технологий.

Система программирования объемной обработки на станках с ЧПУ ГЕММА-3D предназначена для автоматизированной разработки управляющих программ для ЧПУ и может использоваться наряду с системой автоматизации программирования оборудования с ЧПУ КОМПАС-ЧПУ для MS-DOS.