

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійної роботи з дисципліни
“Мережеві системи автоматизації проектування”

для студентів спеціальності
122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології
"

2016

Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни **“Мережеві системи автоматизації проектування”** для студентів спеціальності **“Комп’ютерні науки та інформаційні технології”** / Укл.: О.О. Степаненко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 41 с.

Автори: Степаненко О.О., к.т.н., доцент;

Рецензент: Онищенко В.Ф., к. ф.-м. н., доцент

Відповідальний за випуск: Субботін С.О., д.т.н., проф.

Затверджено
вченою радою інституту
інформатики та
радіоелектроніки

Протокол № 1
від “19” березня 2014 р.

Затверджено
на засіданні кафедри
“Програмні засоби”

Протокол № 7
від “06” березня 2014
р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Общие вопросы создания САПР.	5
2. Промышленные САПР.	12
3. САПР “СИРИУС” как пример типовой САПР.	26
Література	41

ВСТУП

Автоматизоване проектування (computer-aided design – CAD) є технологією, яка полягає у використанні комп'ютерних систем для полегшення створення, зміни, аналізу та оптимізації графічних проектів. Таким чином, будь-яка програма, що працює з комп'ютерною графікою, так само як і будь-який додаток, що використовується в інженерних розрахунках, відноситься до систем автоматизованого проектування. Іншими словами, безліч САПР на засобах CAD простягається від геометричних програм для роботи з формами до спеціалізованих додатків для аналізу та оптимізації. Між цими крайнощами вміщаються програми для аналізу допусків, розрахунку мас-інерційних властивостей, моделювання методом кінцевих елементів і візуалізації результатів аналізу.

Комплексне вирішення проблем впровадження комп'ютерів у виробничий процес дає можливість перейти до автоматизованого виробництва.

Виготовлення конструкторської і технологічної документації в органічному зв'язку з дизайнерськими розробками є передумовою виробництва. Креслення деталей, складальні креслення, специфікації, перелік матеріалів, технологічні операційні плани, інструкції, схеми наладки, схеми контролю, технологічні карти, розрахункова документація і т. п. – усе це документи, необхідні для виробництва. Між ними існують інформаційні зв'язки, обумовлені самим виробом. Отже, створення автоматизованого виробництва являє собою інтеграцію всіх його етапів на основі єдиної інформаційної бази і єдиного механізму керування. Одним з основних компонентів автоматизованого виробництва є автоматизована система проектування.

1. Общие вопросы создания САПР.

1.1. Общие сведения о проектировании.

Введем некоторые определения и понятия, которыми будем пользоваться в дальнейшем.

Прежде всего, определимся, что такое *проектирование*.

Под проектированием понимается процесс составления описания, необходимого для построения в заданных условиях еще не существующего объекта на основе первичного описания этого объекта.

Хотя это определение несколько расплывчато, оно, тем не менее, отражает главную особенность проектирования как процесса создания описания именно *нового объекта*.

Если этот процесс осуществляется человеком при взаимодействии с компьютером, то проектирование называется *автоматизированным*, если нет, то, соответственно, - *неавтоматизированным*.

Проектирование, при котором все преобразования описания объекта и алгоритма его функционирования осуществляются компьютером без участия человека, называется *автоматическим*.

Нас будет интересовать, в первую очередь, автоматизированное проектирование, которое и является предметом САПР.

Дадим теперь определение САПР.

САПР(система автоматизированного проектирования) - это комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющих автоматизированное проектирование.

В ГОСТах по автоматизации проектирования дается более развернутая, но, на наш взгляд, менее точная формулировка этого определения. Там, в частности, говорится, что “САПР- это организационно-техническая система, взаимосвязанная с подразделениями проектной организации...”. В действительности же САПР, как нам представляется, больше программно-технический комплекс, нежели организационный, и взаимосвязан он, чаще всего, не с подразделениями проектных организаций, которых в чистом виде осталось уже совсем немного, а с группой пользователей. Тем более, что в последнее время все чаще пропагандируется новый подход к проектированию, который заключается в замене последовательного процесса сквозной разработки изделия с передачей результатов проектирования от одного подразделения к другому на интегрированный, параллельный процесс создания изделия на основе концепции “рабочих групп”. Эта концепция предполагает создание на предприятии многопрофильных рабочих групп в составе различных специалистов по конструированию, технологической подготовке производства, вопросам качества, покупки, продажи, маркетинга и т.д. Появился даже специальный термин “Среда параллельной технологии выпуска изделий”, который, как и почти все, что касается компьютерных технологий, пришел к нам с Запада. По-английски этот термин пишется как CAPE(Concurrent Art-to-Product Enviroment). Применяют еще один термин - Concurrent Engineering, который обозначает *средства реализации* параллельного проектирования, под которыми, в первую очередь, понимаются программные средства. .

В дальнейшем мы будем часто использовать англоязычную терминологию, поскольку русскоязычные аналоги недостаточно точно передают смысл терминов.

Вместе с тем, там, где это возможно, мы будем использовать термины и определения государственных стандартов по САПР, хотя они, конечно, в определенной мере, устарели, поскольку изданы, в основном, в середине 80-х годов.

Вернемся, однако, к понятию “проектирование”.

Различают семь стадий процесса проектирования новых изделий:

- 1) предпроектные исследования ;
- 2) техническое задание ;
- 3) эскизный проект;
- 4) технический проект ;
- 5) рабочий проект;
- 6) изготовление, отладка, испытание;
- 7) ввод в действие.

Иногда говорят о восьми стадиях проектирования, имея в виду, что между техническим заданием и эскизным проектом возникает стадия технического предложения.

Лет 10 назад в любой проектной организации по результатам окончания каждой из вышеперечисленных стадий работы выпускался отчет и соответствующая проектная документация. Сегодня некоторые из этих стадий могут вообще быть опущены или, как уже отмечалось, при использовании технологии параллельного проектирования выполняться параллельно. Кроме того, следует признать, что в настоящее время на многих предприятиях и в организациях отсутствует жесткая регламентация по оформлению технической документации.

Рассмотрим содержание работ на различных стадиях проектирования на примере разработки некоторой абстрактной САПР.

Прежде всего, отметим, что при создании САПР как нового изделия необходимо реализовать все стадии проектирования.

На первой стадии (предпроектного обследования) производится обследование той организации или подразделения, которая будет выполнять проектирование (например, некоторого конструкторского бюро), изучается предмет автоматизации, оформляется отчет о результатах обследования, в котором делается анализ существующих отечественных и зарубежных аналогов и дается предварительное технико-экономическое обоснование создания САПР. Отчет согласовывается в установленном на предприятии порядке.

Далее пишется техническое задание на разработку САПР, где формулируются цели создания САПР, обосновывается оптимальный вариант САПР, дается общее описание процесса проектирования, указываются ответственные Исполнители и этапы создания САПР, примерные сроки выполнения работы. Техническое задание разрабатывается, согласовывается и утверждается совместно с Заказчиком. На этой стадии завершается, так называемое, *внешнее проектирование*.

Третья стадия (эскизный проект), как и все последующие, относится уже к *внутреннему проектированию*.

На стадии эскизного проекта разрабатываются принципиальные решения по созданию САПР и формам проектной документации.

А на стадии технического проекта разрабатываются окончательные решения по созданию САПР, которые опять согласовываются и утверждаются.

Стадия рабочего проектирования предполагает создание подробной рабочей документации по САПР в целом и по ее *подсистемам* и компонентам (*подсистема САПР* - это составная структурная часть САПР, обладающая всеми свойствами системы).

Результатом стадии рабочего проектирования является рабочий проект, который включает в себя всю необходимую рабочую документацию, включая программную. ГОСТ 24.601-86 предусматривал включение в состав рабочего проекта и исходных текстов прикладных программ, которые должны были отлаживаться на следующей стадии работы. Ясно, что при сегодняшнем уровне развития средств программирования разделение этапа написания программ и их отладки становится бессмысленным.

Шестая стадия проектирования САПР предполагает изготовление, отладку и испытание так называемых несерийных компонентов САПР. Помимо программного обеспечения здесь могут изготавливаться и отлаживаться специализированные технические средства, не выпускаемые серийно промышленностью, например, некоторые средства сопряжения различных устройств, в частности, например, адаптеры для стыковки персональных компьютеров и устройств вывода на перфоленту и т.п.

На заключительной стадии осуществляется сдача САПР в промышленную эксплуатацию, которая включает в себя, в частности, обучение персонала пользователя, строительно-монтажные работы, если таковые необходимы, комплексную отладку САПР, опытную эксплуатацию, проведение приемочных испытаний, устранение замечаний, выявленных при испытаниях и, наконец, собственно сдачу системы в промышленную эксплуатацию.

В заключении этого вводного раздела еще несколько терминов, касающихся проектирования.

При проектировании новых изделий, так или иначе, можно выделить три основных этапа работы:

1. Научно-исследовательские работы (НИР).
2. Опытнo-конструкторские работы (ОКР).
3. Этап рабочего проектирования.

Иногда первый и второй этапы объединяются еще одной известной аббревиатурой: НИОКР.

Первый этап включает в себя стадии предпроектных исследований и технического задания.

Этап опытно-конструкторских работ объединяет эскизный и технический проекты.

Этап рабочего проектирования объединяет стадии рабочего проекта, изготовления, отладки, испытания и ввода в действие.

Еще раз следует подчеркнуть, что особенности выполнения всех стадий проектирования во многом определяется регламентом работ, принятом на конкретном предприятии или организации, в том числе, различного рода отраслевыми стандартами, которые также могут весьма различаться для разных отраслей промышленности.

1.2. Принципы создания САПР.

В технической литературе по САПР времен “перестройки” обычно выделяют 4 принципа создания САПР: принцип *системного единства*, принцип *совместимости*, принцип *типизации* и принцип *развития*.

Принцип системного единства обеспечивает целостность системы и иерархичность проектирования отдельных элементов и всего объекта проектирования.

Принцип совместимости обеспечивает совместное функционирование составных частей САПР и сохраняет открытую систему в целом.

Принцип типизации ориентирует на преимущественное создание и использование типовых и унифицированных элементов САПР. Типизации подлежат элементы, имеющие перспективу многократного применения.

Принцип развития обеспечивает пополнение, совершенствование и обновление составных частей САПР, а также взаимодействие и расширение взаимосвязи с другими автоматизированными системами различного функционального назначения.

Эти принципы определяют и основные особенности САПР, о которых мы сейчас немножко поподробней поговорим.

Во-первых, САПР - это иерархическая система. Она реализует комплексный подход к автоматизации всех уровней проектирования. Блочный-иерархический подход, который обычно используется при проектировании новых изделий, должен быть сохранен и при создании САПР. Иерархия уровней проектирования отражается в структуре программного обеспечения САПР в виде иерархии подсистем. Следует особо подчеркнуть необходимость обеспечения комплексного характера САПР, так как автоматизация на одном из уровней проектирования при сохранении старых форм проектирования на соседних уровнях оказывается значительно менее эффективной, чем автоматизация всех уровней.

Во-вторых, САПР должна быть совокупностью информационно согласованных модулей. Передача данных от одной программы к другой должна осуществляться без участия человека. Можно заметить, что современные программные системы различного назначения имеют довольно развитую систему экспорта-импорта данных, позволяющую передавать и воспринимать файлы различных форматов. Опыт внедрения САПР в различных отраслях промышленности показал, что если человеку приходится “вручную” перерабатывать информацию, полученную от одной подсистемы для ввода ее в другую, то такие САПР являются малоэффективными. Это отнюдь не означает, что функция человека в САПР должна быть минимизирована. Наоборот, САПР обычно занимается решением сложных, плохоформализуемых задач, которые предполагают активное использование интерактивных методов проектирования.

Этот факт характеризует третью особенность САПР как человеко-машинной системы. Несмотря на удивительные способности компьютера решать многие сложные задачи, в том числе, и задачи САПР, человек часто по своим эвристическим способностям превосходит самые изощренные системы искусственного интеллекта, поэтому чисто автоматическое проектирование, о котором мы говорили раньше, на практике встречается очень редко. В качестве иллюстрации этого тезиса рассмотрим всем известную систему AUTOCAD американской фирмы AUTODESK Ltd. для автоматизированного проектирования чертежной документации на персональных компьютерах. Эта чисто интерактивная среда проектирования чертежей пользуется большой популярностью у конструкторов, хотя по своей сути представляет собой просто хорошо “автоматизированный кульман”. В “Автокаде” можно реализовать и автоматический метод проектирования, если написать, например, программу формирования какого-либо чертежа на встроенном языке AUTOLISP, однако, эта программа, естественно, не будет универсальной и позволит проектировать только чертежи для одного типа деталей.

Еще одна особенность САПР связана с необходимостью обеспечения в системе свойства открытости, т.е. свойства удобства включения новых методов и средств. Это свойство, естественно, желательно для любого программного продукта, но для САПР просто необходимо, поскольку, как правило, САПР-овские системы делаются долго и достаточно сложны, что исключает возможность быстрой замены на другую систему (“жалко выбрасывать” целиком, проще что-нибудь добавить или модифицировать).

При разработке САПР следует также помнить, что, несмотря на специализированность системы, в ней надо максимально использовать унифицированные модули. Ясно, что требования универсальности и эффективности взаимно противоречивы: высокоэффективной может быть только специализированная система. Вместе с тем, использование унифицированных модулей расширяет возможности САПР и снижает время на ее разработку, что в условиях “рынка” может явиться определяющим фактором. Известны множество случаев, когда фирмы, сделав свои системы на несколько месяцев раньше своих конкурентов, завоевывали рынок, несмотря на значительно худшее качество своих программных продуктов.

Вообще, умение разрешать различного рода противоречия и находить “золотую середину” - это главное достоинство для разработчика САПР. Естественно, что высокая квалификация как инженера и программиста тоже не помешает, но без глубокого понимания диалектики хороший САПР сделать нельзя. В этом также заключается, на наш взгляд, один из главных принципов создания САПР.

1.3. Состав и структура САПР. Компоненты видов обеспечения САПР.

Составными структурными частями САПР являются подсистемы, в которых при помощи различных комплексов средств выполняется решение функционально законченных задач в определенной последовательности. Как мы уже определили выше, подсистемы САПР сами обладают всеми свойствами системы, т.е. обычно реализуют вполне законченные этапы или стадии проектирования или группу непосредственно связанных между собой проектных задач.

Такого типа подсистемы называют *проектирующими*.

Примером подсистемы может служить, например, любая программная система на персональном компьютере, осуществляющая проектирование управляющей программы, скажем, для токарных станков с ЧПУ по заданному чертежу детали, получаемому из другой проектирующей подсистемы.

Помимо проектирующих подсистем в САПР используются подсистемы, которые принято называться *обслуживающими*. Например, ясно, что если вы используете некоторую базу данных, и соответственно некоторую СУБД, то система управления базами данных сама по себе ничего не проектирует, а лишь управляет процессом хранения, накопления, модификации и поиска данных, необходимых вам для проектирования.

Каждая подсистема строится на основе различных, но взаимосвязанных средств автоматизации. Эти средства можно условно разбить, опять же, на семь типов, которые называются видами обеспечения САПР, а именно:

- 1) математическое обеспечение ;
- 2) программное обеспечение ;
- 3) информационное обеспечение ;
- 4) техническое обеспечение ;
- 5) лингвистическое обеспечение ;
- 6) методическое обеспечение ;
- 7) организационное обеспечение ;

Основу математического обеспечения составляют алгоритмы, по которым разрабатывается программное обеспечение САПР. Элементы математического обеспечения в САПР чрезвычайно разнообразны. Они зависят, конечно, от особенностей объекта проектирования, и могут быть как в достаточной мере инвариантными, так и весьма специфическими. Скажем, все системы, проектирующие трехмерные объекты, должны использовать методы построения и описания такого рода объектов, т.е. математический аппарат вычислительной геометрии, который в известной мере можно считать инвариантным. При решении оптимизационных задач используются различные методы поиска экстремумов, многие из которых применяются только в конкретной предметной области.

Программное обеспечение подразделяют на *общесистемное* и *специальное*. Разделение вполне понятное и особых комментариев не требует. Ясно, что операционные системы относятся к первому виду ПО, а, скажем, программное обеспечение для прогнозирования погоды в Екатеринбурге - к очень специальному.

В общесистемном программном обеспечении выделяют, в свою очередь, такой компонент как *базовое* программное обеспечение, т.е. такое, которое не является объектом разработки при создании программного обеспечения, например, какая-либо СУБД.

Информационное обеспечение представляет собой совокупность данных, размещенных на различных носителях информации, которые используются для проектирования. Это могут быть различные справочники, таблицы, промежуточные проектные решения, параметры проектируемого изделия и т.п., в общем, все, что угодно. Иногда совокупность такого рода данных называют еще информационным фондом. Формы организации информационного обеспечения в компьютере могут быть различны, например: файлы или библиотеки. Библиотечная форма организации данных широко применяется в отечественных ЭВМ типа ЕС или СМ. Наиболее естественным и распространенным способом ведения информационного фонда в настоящее время является формирование баз данных, доступ к которым осуществляется различными системами управления базами данных.

Остановимся более подробно на проблемах выбора технических средств САПР.

Как мы уже отмечали ранее, к техническим средствам САПР относятся не только компьютеры, но и различные технические устройства, приборы, периферийные средства, которые необходимы для обеспечения процесса проектирования. К периферийным техническим средствам относятся, в частности, графопостроители и перфораторы (устройства вывода информации на перфоленту). Причем, если для функционирования наиболее распространенных графопостроителей, как правило, в базовом программном обеспечении САПР имеются необходимые программные средства (драйверы), то для стыковки, скажем, IBM-совместимых персональных компьютеров и широко распространенных на предприятиях перфораторов типа ПЛ150М необходимы уже дополнительные технические устройства (адаптеры).

Остановимся несколько подробнее на компьютерах, применяемых в САПР.

Очевидно, что подавляющая часть компьютеров, используемых в настоящее время в нашей стране для автоматизации проектирования (впрочем, и не только для этих целей) представляют собой IBM-совместимые персональные компьютеры. Надо отметить, что термин “IBM-совместимые” сейчас используется реже, больше говорят о “*платформах*”, аппаратной или программной. Для персональных компьютеров аппаратная *платформа* определяется типом процессора (часто говорят: “интелловская” *платформа*), а программная - типом операционной системы (MS DOS или MS WINDOWS). Впрочем, терминология здесь очень не устоявшаяся. И не всегда люди, использующие один термин, имеют ввиду одно и то же. Характерным примером является термин “*рабочая станция*”. Если вы говорите со специалистом по сетевым технологиям, то под рабочей станцией он обычно понимает персональный компьютер, выполняющий функции “клиента” в технологии “клиент-сервер”. Вместе с тем, этот термин уже довольно давно используется для обозначения вполне определенного класса компьютеров, выпускаемых, как правило, на основе так называемых RISC - процессоров рядом известных западных производителей. Именно этот класс компьютеров в отличие от персональных чаще всего применяется для решения задач автоматизации проектирования на крупных и средних предприятиях большинства развитых стран Запада. *Рабочие станции*, в частности, производят такие знаменитые компьютерные фирмы как HEWLETT PACKARD (HP), IBM, SILICON GRAPHICS (SGI), SUN Microsystems, DIGITAL (DEC) и ряд других. Как правило, рабочие станции работают на программной платформе UNIX, хотя большинство фирм-производителей предлагают и собственные специфические операционные системы. Нужно отметить, что версии ОС UNIX для разных типов *рабочих станций* также имеют свою специфику.

Можно выделить две основные особенности *рабочих станций* как типа компьютеров:

- высокая производительность (наряду с другими техническими характеристиками) и использование RISC-процессоров;
- повышенные возможности для решения задач машинной графики.

Эти особенности и определили привлекательность *рабочих станций* для САПР-овских систем, в которых решение сложных геометрических и графических задач занимает важное место. Существенная часть такого рода задач решается рабочими станциями на аппаратном уровне с помощью специализированных процессоров, что, как раз, и обеспечивает высокую эффективность и производительность станций в сравнении с “персоналками”. Но, как говорится, “за все надо платить”. В данном случае платить приходится непосредственно деньгами и очень немалыми. Стоимость *рабочих станций* может достигать, естественно, в зависимости от конфигурации, нескольких десятков тысяч долларов. Именно поэтому в нашей стране предпочитают использовать для задач САПР дешевые персональные компьютеры “желтой” сборки. Справедливости ради надо отметить, что разница в возможностях *рабочих станций* и самых мощных персональных компьютеров в последнее время существенно уменьшилась, хотя по-прежнему есть. Так подсистемы конструкторского проектирования сложных сборочных чертежей для авиастроения и автомобилестроения эффективно работают только на рабочих станциях.

В заключении разговора о компьютерах приведу несколько наиболее покупаемых в России модификаций *рабочих станций*:

- Sun SPARC Solaris, Sun SPARC SunOS;
- Alpha (Digital);
- IRIX (SGI);
- HP-UX;
- IBM AIX/600

О лингвистическом обеспечении САПР. Основу лингвистического обеспечения САПР составляют, так называемые, *проблемно-ориентированные языки*, предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования. Собственно говоря, это и не языки вовсе, а комплексы программных средств, в качестве входных данных использующие языковые конструкции. В качестве “классического” примера можно привести язык СТЕП-Ш, разработанный преподавателем кафедры “Прикладная геометрия и автоматизация проектирования” УГТУ-УПИ Николаем Евгеньевичем Возмищевым под научным руководством проф. Р.А.Вайсбурда. Это ориентированный на конечного пользователя-непрограммиста технологический язык для описания информации о процессе и условиях проектирования в горячештамповочном производстве, а также методах решения проектных задач.

Разумеется, что в состав лингвистического обеспечения САПР входят и универсальные алгоритмические языки высокого уровня и различного типа “макроязыки”, расширяющие языковые средства больших программных систем и т.д.

Как уже отмечалось выше, стандарты по САПР выделяют еще 2 типа обеспечения САПР: методическое и организационное. Выделение это, на наш взгляд, достаточно искусственное, но “стандарт есть стандарт”. Под методическим обеспечением понимается набор документов, регламентирующих эксплуатацию САПР. Причем документы, касающиеся разработки САПР, сюда не входят. Т.е. методическое обеспечение - это, в общем смысле, просто набор инструктивных положений, касающихся эксплуатации САПР.

Организационное обеспечение также представляет собой комплекс регламентирующих документов, но уже касающихся организационной структуры подразделений, эксплуатирующих САПР, а также взаимодействия этих

подразделений с САПР и между собой. В набор организационных документов входят обычно приказы, штатные расписания, квалификационные требования и т.д.

2. Промышленные САПР.

2.1. CAD/CAM /CAE системы.

В данном разделе мы познакомимся с наиболее известными зарубежными и отечественными системами автоматизированного проектирования, широко применяющимися в промышленном производстве.

Прежде всего, приведем еще несколько “англоязычных” терминов.

CAD (Computer-Aided Design) - дословно переводится как “проектирование с помощью компьютера”, фактически этот термин означает системы геометрического моделирования и САПР чертежно-конструкторских работ.

CAM (Computer-Aided Manufacturing) - можно перевести как “производство с помощью компьютера”. Общепринятое значение этого термина в настоящее время - САПР технологической подготовки производства.

CAE (Computer-Aided Engineering) - означает компьютерные системы инженерного анализа.

Ведущие мировые производители программного обеспечения для автоматизации проектирования, как правило, поставляют на рынок интегрированные универсальные системы, удовлетворяющие требованиям проектирования и изготовления изделий в различных отраслях промышленности. Эти системы содержат в себе возможности автоматизации всех трех аспектов и называются поэтому CAD/CAM/CAE системами. Прежде чем перейти к рассмотрению лидеров мирового САПР-овского бизнеса, приведем примеры некоторых специализированных систем автоматизации проектирования конструкторско-технологического назначения.

Типичным примером “чисто” CAD - системы является всем известный AUTOCAD (Autodesk, Ltd., США). Последние версии этой системы позволяют причислить ее к системам трехмерного моделирования, но для большинства российских пользователей, Autocad остается 2D - системой для машиностроительного черчения.

Из отечественных CAD-систем, не претендующих на автоматизацию технологической подготовки производства, мы бы отметили разработку АО “Топ-системы” (г.Москва), которая раньше называлась Тор-CAD, а сейчас получила название T-Flex CAD. Отличительной особенностью этой системы является, на наш взгляд, очень удачная реализация идеи параметризации объектов. В Тор-CADе все параметризовано. Это факт позволяет очень эффективно производить модификацию чертежей и сократить время проектирование новых. Известно, что в системе Autocad тоже есть возможности параметрического программирования, но они не являются органичными для системы и представляют собой некоторые “надстройки” над системой. Кстати, о надстройках.

Широкое внедрение в России имеет система КАДМЕХ (CADMECH) (разработчик -фирма ИНТЕРМЕХ(INTERMECH), г.Минск). Это, как и T-Flex CAD, в основном, система для автоматизации машиностроительного черчения. Однако, работает она в среде Autocad и независимо функционировать не может.

Среди недорогих САМ-систем, имеющих некоторое распространение и в России, в качестве примера можно привести систему PEPS английской фирмы САМТЕК. Как и практически все САПР такого рода, PEPS обеспечивает автоматизацию подготовки управляющих программ для широкого класса станков с ЧПУ, включая токарные, фрезерные, сверлильные, электроэрозионные, прессы с ЧПУ, машины термической резки листовых материалов и т.д. Геометрию обрабатываемых деталей она может принимать из других широко распространенных

CAD-систем через стандартные форматы файлов (например, через тот же “автокадовский” DXF-формат).

Следует отметить, что большинство уважающих себя CAM - систем имеют собственную несложную CAD-подсистему для описания геометрии деталей.

Отечественным аналогом PEPSa является система TURBO TIGRAS (дистрибьютер - АО “КАМЕЯ”, г.Москва).

Системы инженерного анализа (CAE-системы) включают в себя решение следующих основных задач:

- прочностной анализ (все виды расчетов на прочность конструкций методом конечных элементов) ;
- теплофизические расчеты ;
- пластический анализ (анализ пластической деформации и оценка технологичности изготовления деталей методом литья под давлением) ;
- механический анализ(моделирование и прогнозирование поведения и движения механических систем) .

Примером полнофункциональной CAE-системы является система ANSYS американской фирмы Swanson Analysis Systems. Отечественные аналоги нам не известны. Ряд организаций ведут работы по отдельным проблемам инженерного анализа, однако, еще раз повторимся, полномасштабные полнофункциональные коммерческие версии российских CAE-систем нам не известны.

Перейдем теперь к обзору интегрированных CAD/CAM/CAE систем.

Отметим, на наш взгляд, основные особенности лучших современных CAD/CAM/CAE- систем, являющихся признанными мировыми лидерами .

1. На этапе проектирования (геометрического моделирования) обеспечивают:

- твердотельное, поверхностное и каркасное 3-х мерное моделирование ;
- черчение;
- моделирование «больших» сборок;
- фотореалистическое отображение;
- конструирование и раскрой из листовых материалов;
- поддержку промышленных графических стандартов типа IGES, DXF, VDA, STEP и т.д. ;
- поддержку вывода документации во всех основных чертежных стандартах-ANSY, ISO, DIN, ЕСКД и т.д.
- прямые интерфейсы с другими CAD/CAM/CAE системами.

2. CAM- подсистемы обеспечивают:

- эффективную подготовку управляющих программ для фрезерной обработки от 2,5 до 5 координат, всех видов токарной, электроэрозионной, а также для газорежущих, плазморежущих, лазерных машин и прессов с ЧПУ;
- быстрое генерирование постпроцессоров для различных систем ЧПУ и контроллеров;

3. CAE-подсистемы являются полномасштабными (т.е. полностью решающими весь спектр задач без каких-либо ограничений) и обеспечивают все виды инженерного анализа.

4. Полные версии систем функционируют на основных типах рабочих станций (т.е. на UNIX- платформах). Для платформ MS WINDOWS 95 и WINDOWS NT существуют ограниченные версии систем.

Законодателями мод в разработке CAD/CAM/CAE систем являются, разумеется, американцы и ,как ни странно, французы.

США являются автором 3 крупных интегрированных CAD/CAM/CAE систем, а именно:

- системы CADD5 (разработчик фирма ComputerVision(CV));
- системы UNIGRAPHICS (разработчик фирма Electronic Data System(EDS));

- системы Pro/Engineer (разработчик фирма Parametric Technology Company(PTC),

Франция - 2-х:

- системы CATIA (разработчик фирма Dassault Systemes);

- системы EUCLID (разработчик фирма Matra Datavision);

Собственно говоря поставщиком (или, как сейчас говорят, “эксклюзивным дистрибьютером”) системы CATIA является компьютерный гигант - фирма IBM, так что эту систему тоже можно считать американской.

Говоря о CAD/CAM/CAE системах, покупаемых в России и в Уральском регионе нельзя не сказать еще о двух западных разработках: о системе CIMATRON одноименной израильской фирмы и системе DUCT английской фирмы DELCAM;

В Екатеринбурге имеется дочернее предприятие фирмы DELCAM (оно называется DELCAM-URAL), а представительство фирмы BEE PITRRON, которая является дистрибьютером системы CIMATRON, расположено непосредственно в УГТУ-УПИ.

Об особенностях вышеназванных систем мы поговорим ниже.

2.2. Классификация САПР. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных систем.

ГОСТы Союза Советских Социалистических Республик предусматривали деление САПР на девять групп:

- 1) САПР изделий машиностроения;
- 2) САПР изделий приборостроения;
- 3) САПР технологических процессов в машино- и приборостроении;
- 4) САПР объектов строительства;
- 5) САПР технологических процессов в строительстве;
- 6) САПР программных модулей;
- 7) САПР организационных систем;
- 8) резерв;
- 9) резерв.

Фактически такая классификация означала разделение систем «по назначению». Однако, универсальные САПР успешно применяют в различных предметных областях, кроме того, приведенный список не содержит, например, «геодезические» системы, которые, по некоторым данным, сегодня составляют около 13% рынка всех продаваемых в мире САПР.

САПР также разделяют по сложности объекта проектирования:

- до 100 составных частей - простых объектов;
- от 100 до 1000 - объектов средней сложности;
- от 1000 до 10000 - сложных;
- от 10000 до 1000000- очень сложных;
- свыше 1000000 - объектов очень высокой сложности.

Для любителей русского языка можно предложить небольшое логическое упражнение: попробуйте “почувствовать разницу” между САПР *очень сложных объектов* и САПР *объектов очень высокой сложности*.

Если объектом проектирования является некоторое изделие, то составной частью объекта является деталь. Если проектируется некий технологический процесс, то что является составной частью САПР до сих пор никто так и не определил...

Системы САПР также различаются по уровню автоматизации:

- низкоавтоматизированные САПР (до 25% проектных процедур);
- среднеавтоматизированные(от 25% до 50% проектных процедур);
- высокоавтоматизированные(свыше 50%)

Лет 6-8 назад все машиностроительные предприятия должны были периодически посылать в свои министерства в Москву отчеты об уровне автоматизации.

Есть еще несколько признаков классификации САПР, которые определяются ГОСТом, типа “кол-во выпускаемых документов”, но мы их рассматривать не будем.

“Буржуазные” CAD/CAM/CAE системы классифицируются гораздо проще: полномасштабные полнофункциональные CAD/CAM/CAE системы на рабочих станциях называются “тяжелыми” САПР-ами, а все остальные - “легкими”.

Все выше перечисленные CAD/CAM/CAE системы являются “тяжелыми”, а AUTOCAD и PEPS - “легким”. В России “тяжелых” САПР в полном смысле этого слова не разработано до сих пор. Следует отметить, что на Западе в смысле классификации САПР тоже нет устойчивой терминологии. Некоторые специалисты относят, например, CIMATRON к “средним” системам по показателю цены за одно рабочее место. Цена CIMATRONa, действительно, значительно меньше цены, скажем, CADD5S да и требования израильской системы к вычислительным ресурсам компьютера более скромные. В отдельных публикациях “тяжелой” называется САПР, 1 копия программного обеспечения которой стоит больше 15000\$.

В последние 2-3 года значительную долю продаж на рынке САПР стали составлять так называемые системы «среднего» класса, функционирующие на платформе WINDOWS 95/NT. Усеченные версии своих «тяжелых» САПР для персональных компьютеров выпустили практически все производители CAD/CAM/CAE систем. Примером могут служить, в частности, системы PT/Product фирмы PTC и Prelude фирмы MATRA DATAVISION. Большая гамма новых «средних» САПР выпущена рядом американских фирм: Solid Works97(Solid Works Corp.), Solid Edge(Intergraph Corp.), Microstation 95(Bentley Systems), Autodesk Mechanical Desktop (Autodesk Ltd.).

Попробуем, теперь, решить одну задачу. Представим себе, что мы должны принять решение о закупке для своего предприятия зарубежной CAD/CAM/CAE системы. Что нам выбрать? Объективный сравнительный анализ систем, естественно, нам не даст ни одна фирма. Дилеры и дистрибьютеры всех мастей хвалят, конечно, только свои системы. Тот же CIMATRON, например, говорит, что по динамике числа продаж он занимает 1 место в мире. Показатель, разумеется, хороший, но система, которую в прошлом году, скажем, купили 2 предприятия, а в этом году - 10, будет иметь рост продаж в 500%, но это не значит, что система, имеющая худший показатель, хуже. В компьютерных журналах сравнительный анализ CAD/CAM/CAE систем также может страдать субъективностью, потому что многие статьи пишутся с определенными целями. Попробуем, однако, высказать некоторые соображения на этот счет.

Прежде всего, следует заметить, что большим заблуждением многих руководителей является мнение о том, что на Западе все предприятия работают с “тяжелыми” САПР-ами. Наибольший эффект от внедрения CAD/CAM/CAE систем получен в авиастроении, автомобилестроении, судостроении и т.п., т.е. в производстве сложных и дорогих изделий. Поэтому, если наше предприятие проектирует и изготавливает болты и гайки, то, может быть, стоит ограничиться покупкой “средней” или “легкой” САПР, а, может быть, надо подумать и о приобретении отечественной разработки. Но об этом позднее.

Все же, CAD/CAM/CAE системы на Западе покупают, “значит это кому-нибудь нужно”. Хорошим показателем качества системы “у них” является показатель объема продаж. Приведем, например, данные за 1994 г.

1. CV- 227 млн. \$ - 17% от суммы всех контрактов на поставку CAD/CAM/CAE систем.
2. PTC - 15%

- 3. IBM - 12%
- 4. EDS - 12%

(По оценкам некоторых аналитиков в 1995-1996 гг. На первое место по объему продаж вышла фирма PTC).

Как видим, на остальных мало что остается. Во всяком случае, DELCAM и CIMATRON не входят даже в десятку. Здесь, правда, не учитывались системы на “персоналках”.

Теперь о технических характеристиках.

Из источников, заслуживающих доверия, можно сделать вывод, что CAD - подсистема лучше всего реализована в системе CATIA. Речь идет именно о моделировании объектов, а не о сборке изделий и проектировании чертежей.

Подсистема CAM (имеются в виду ЧПУ-шные задачи) предпочтительней у UNIGRAPHICS и Pro/Engineer. Pro/Engineer также обладает наиболее органичными функциями параметризации изделия в CAD подсистеме.

Наиболее полная подсистема CAE- во французских системах CATIA и EUCLID.

Наилучшая подсистема управления информацией и наибольшая “интегрированность”- у мирового лидера N 1 , системы CADDS5.

Наилучший показатель “производительность/цена” - у CIMATRON-а. У него же, видимо, ввиду известной демографической “близости”, наилучшая документация на русском языке.

Этот анализ можно продолжить, но, думается, -”не стоит”. Главное, о чем следует помнить - это то, что при выборе системы необходимо аналитически мыслить и, опять же, понимать диалектику. Кажется очевидным, что если нам нужна система для проектирования управляющих программ для 5-ти координатного фрезерного станка, то следует искать CAM - систему, наилучшую по этому показателю. Однако, это делать надо не всегда. Например, плохой постпроцессор может все испортить.

Перейдем теперь к рассмотрению отечественных разработок. Как мы уже отмечали, национальные системы работают, в основном, “на платформе” MS DOS. MS WINDOWS версии систем представляют собой, чаще всего, адаптацию под новую ОС только «головной» части системы, а ядро остается без изменений.

Из наиболее распространенных разработок , имеющих, по крайней мере, несколько сот инсталляций в различных отраслях промышленности, следует назвать системы “КОМПАС” АО “АСКОН”(г.Санкт-Петербург) и “СПРУТ” АО “СПРУТ-Технологии”(г.Набережные Челны). В последнее время в Уральском регионе стала продаваться “московско-ижевская” система ADEM. Ее распространителем является екатеринбургское представительство фирмы BEE PITRON, то самое, которое продает и CAD/CAM/CAE систему CIMATRON.

Каковы особенности отечественных CAD/CAM/CAE систем ?

Прежде всего, следует отметить историю создания этих и других САПР. Она характеризуется двумя основными моментами:

1) желанием создать “родную”CAD-систему, альтернативную “чужому” AUTOCAD-у;

2) попыткой интегрировать давно используемые на машиностроительных предприятиях отечественные средства автоматизации подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ в новую графическую среду, возникающую в результате разработки новой CAD-системы.

Именно поэтому разработчики CAD-подсистем для систем КОМПАС и ADEM, при разработке САМ-овской части просто использовали технологические модули других разработчиков . Так, например, “московский” графический редактор CherryCAD системы ADEM был дополнен старой “ижевской” системой КАТРАН. А графический редактор КОМПАС-ГРАФИК системы КОМПАС используется в качестве средства описания геометрии деталей для разных технологических

подсистем, собранных, кажется, со всей страны. Среди них широко известная в России система автоматизации программирования объемной обработки для фрезерных станков с ЧПУ ГЕММА-3D. Эта система первоначально была разработана в одном московском НИИ, специализирующемся на проектировании вертолетов. Есть в системе КОМПАС и родной ЧПУ-модуль, который называется КОМПАС-ЧПУ, но сами разработчики рекомендуют его только для обработки деталей несложной формы. Даже САД-подсистема, с которой и начинался КОМПАС, и развивающаяся сейчас в направлении приложений, связанных не с моделированием, а с автоматизацией подготовки конструкторской документации (подсистемы КОМПАС-КД, СПЕЦИФИКАЦИЯ и т.д.), обычно дополняется “неродной” системой трехмерного твердотельного моделирования КИТЕЖ.

Что касается САЕ-подсистем, то в КОМПАСЕ имеется ряд пакетов программ для конструкторских расчетов, например, подсистема прочностных расчетов методом конечных элементов ЗЕНИТ. Мы не располагаем достоверной информацией о разработчиках ЗЕНИТа, но убеждены, что они также никакого отношения к разработке КОМПАСа не имели и просто продают свою систему через АО “АСКОН”.

Эта тенденция вообще характерна для всех интегрированных отечественных САПР. Как правило, они представляют собой “солянку” из различных подсистем, написанных разными разработчиками в разное время, связанных между собой наспех созданным интерфейсом (обычно, файловым).

Несколько отличается подход к созданию интегрированных “сквозных” САПР у разработчиков системы СПРУТ. Они предлагают не готовую САД/САМ - систему, а набор инструментальных средств (включая специализированные языки), для разработки ваших собственных конструкторско-технологических САПР. Поставляют они и готовые АРМы (Автоматизированные Рабочие Места) разработчика программ с ЧПУ или пакет программ для инженерных расчетов холодной листовой штамповки, но предпочитают, чтобы свою систему вы разрабатывали сами. Такой подход заранее предполагает, что программистский уровень пользователей системы достаточно высок, однако, это бывает не всегда, особенно, на небольших предприятиях.

Резюмируя этот короткий обзор, можно сказать, что отечественные САПР относятся к классу “легких” или “средних” САД/САМ/САЕ- систем и уступают западным аналогам по возможностям и в комплексности решения конструкторско-технологических задач, несмотря на то, что отдельные элементы автоматизации проектирования в отечественных подсистемах реализованы лучше. Примером может служить система геометрического трехмерного моделирования GM+, разработанная в свое время преподавателем кафедры “Прикладная геометрия и автоматизация проектирования” УГТУ Е.И.Кацем при участии группы других преподавателей кафедры под руководством проф. Р.А.Вайсбурда. Многие вопросы моделирования в ней решены значительно эффективнее, чем в том же EUCLID-е или CIMATRON-е. В то же время, система до сих пор практически нигде по-настоящему так и не внедрена. Попытки “вставить” ее в западные коммерческие версии 3-х мерных САД систем, насколько нам известно, ни к чему не привели. Причин здесь много, причем самой главной, на наш взгляд, является та, что Запад не хочет покупать наши САПР-овские разработки и всегда находит множество “объективных” поводов объяснить невозможность использования российского программного продукта в западных САД/САМ/САЕ- системах. Конечно, проблемы с “русским софтвером” существуют на самом деле. Здесь и неопределенность правовых взаимоотношений между разработчиком и западным дилером, и проблемы коммуникаций, и, наконец, вполне обоснованное сомнение западных партнеров в способности российских разработчиков выполнить свои договорные обязательства в случае обнаружения каких-либо ошибок в программах.

Пожалуй, менее существенной является причина, которую многие наши разработчики по наивности считают главной. Речь идет о несоответствии оформления пользовательской документации и результатах проектирования международным стандартам. Существует иллюзия, что обеспечив в программах соответствие западным “ГОСТам” и переведя “Руководство пользователя” на английский язык, а затем вставив его в цветную картонную “коробку”, как у всех “приличных” западных систем, мы можем добиться больших успехов в продаже наших разработок на западном рынке. Это не так. Гордость разработчиков системы ADEM (фирма Omega Technologies Ltd, г.Москва) за то, что им удалось сделать, как они говорят, “единственный в России САПР-овский программный продукт, удовлетворяющий международным стандартам”, вполне понятна, но их рассказы о том, как хорошо и эффективно используется их CAD/CAM- система на американских или канадских предприятиях содержат много лукавства. Сценарий всех продаж российских САПР на Запад совершенно одинаков (речь идет не только о системе ADEM, но и, например, о CAD-системе T-FLEX CAD) и заключается в следующем. Кто-то из разработчиков или из людей, связанных с разработчиками, уезжает, скажем, в США, “на постоянное место жительства” и устраивается на работу в некую фирму. Как специалиста в области программирования и САПР его привлекают к автоматизации решения каких-либо проектных задач. Он уговаривает руководство фирмы использовать для этих целей знакомый программный продукт. Так в США появляется фирма, использующая российский САПР. Как только наш российский специалист или группа специалистов перестает работать на этой фирме, победное шествие российских разработок по “северо-американским штатам” останавливается. Никому из западных фирм никогда не придет в голову “просто так” предпочесть, к примеру, ADEM AUTOCAD-у. И можно твердо сказать, что в ближайшее время это “статус-кво” кардинально не изменится.

В заключении этого подраздела еще несколько слов о выборе САПР.

На большинстве машиностроительных предприятий России на этапе технической подготовки производства реального моделирования новых объектов не происходит. Задача конструкторов и технологов заключается, как правило, в привязке уже существующего проекта, разработанного каким-нибудь институтом, к технологическим особенностям своего предприятия. Поэтому основная часть проектных решений представляет собой рабочие чертежи, необходимые для изготовления отдельных деталей, сборочные чертежи, различного рода конструкторские спецификации, маршрутные и операционные технологические карты и пр. Средства автоматизации чертежных работ при таком подходе к подготовке производства обычно представляют собой простой двухмерный графический редактор типа AUTOCAD-a, а текстовые конструкторские и технологические документы готовятся даже без применения графических средств с помощью специализированных систем типа тех, которые, например, разрабатывает Региональный Инженерный Центр “ИСЕТЬ” при УГТУ. Они представляют собой некоторые специализированные СУБД, написанные на языках типа FoxPro.

Для изготовления обычных машиностроительных деталей на станках с ЧПУ также бывает достаточно 2-х и 2,5 координатной обработки. Трехмерная обработка необходима, в основном, для изготовления различных пресс-форм. Именно поэтому зарубежные CAD/CAM- системы закупаются крупными предприятиями, в основном, для отделов Главного Технолога, а CAD- подсистема используется в этом случае только для описания геометрии трехмерного объекта с целью его последующего изготовления на станке с ЧПУ. Ни о каком “сквозном” САПР, в данном случае, говорить не приходится.

Таким образом, если речь не идет о изготовлении особо сложных изделий типа новой модели “Жигулей” или нового аэробуса, то в рамках существующих подходов к

технической подготовке производства на машиностроительных предприятиях совершенно нет необходимости ориентироваться на дорогие зарубежные CAD/CAM/CAE- системы, о которых мы столько говорили. Другое дело, если вы решили заняться серьезным реинжинирингом вашего предприятия. Тогда вам придется серьезно пересматривать роль и место САПР (да и всех информационных технологий) в проектировании и изготовлении изделий. И здесь мы касаемся вопроса, который можно озаглавить так:

2.3. Взаимодействие САПР с другими автоматизированными системами. CALS-технологии.

Снижение стоимости продукции, уменьшение времени ее выхода на рынок и повышение ее качества одновременно с качеством обслуживания являются конкурентно-определяющими факторами промышленности сейчас и в обозримом будущем. С учетом этих факторов, особенно если продукцией является технически сложное изделие, успешная деятельность предприятия на рынке зависит от реинжиниринга проектно-технологических и производственных процессов. Наиболее радикальным средством решения задач реинжиниринга является внедрение интегрированных информационных технологий с использованием современных средств вычислительной техники и сетевых решений как на отдельных предприятиях, так и в рамках «расширенного предприятия», объединяющего всех поставщиков, соисполнителей и участников процессов проектирования, производства и эксплуатации (обслуживания) изделия.

Направление развития информационных технологий, полностью покрывающих запросы современной промышленности, получило название CALS* (Continuous Acquisition Lifecycle Support), под которым понимается обеспечение непрерывной информационной поддержки изделия в течение всего его жизненного цикла.

**Термином CALS в середине 80-ых годов была названа программа Министерства обороны США по созданию автоматизированной системы закупок и материально-технического обеспечения военной техники и вооружений на всех этапах их жизненного цикла. Первоначальная расшифровка аббревиатуры CALS - Computer-aided Logistic Support (Компьютерная поддержка логистических систем) претерпела изменения и применяется теперь в нижеуказанном значении.*

Ключевым моментом CALS-технологий является безбумажное, т.е. формализованное на основе международных стандартов электронное представление информационной модели изделия, включающей все данные о нем. Возникнув в сфере военной промышленности западных стран, в первую очередь США, CALS-технологии получили свое дальнейшее развитие и послужили основой создания новейших наукоемких технологий и в других отраслях. Наиболее значительные успехи при внедрении указанных технологий достигнуты в автомобилестроении, авиастроении и судостроении, т.е. в отраслях, где сроки эксплуатации и затраты на обслуживание изделий особенно велики.

Эффективность CALS-технологий базируется на их комплексном применении. Грамотный реинжиниринг, повышающий эффективность реализации CALS-технологий, приводит к успеху изделия у конечного пользователя, для которого стоимость эксплуатации важна не менее стоимости самого изделия.

Таким образом, CALS-технологии, обеспечивая снижение стоимости изделия и затрат на его эксплуатацию при одновременном повышении качества его обслуживания, дают преимущество расширенному предприятию в конкурентной борьбе.

В российской экономике говорить о “расширенном предприятии” в полном смысле этого слова еще рано, но попытки создания интегрированных систем автоматизации управления и производства внутри одного предприятия уже есть.

К сожалению, на большинстве предприятий даже сам САПР не является интегрированным. CAD-системы, как мы уже отмечали раньше, используются, в основном, для автоматизации чертежных работ в конструкторских подразделениях предприятия. В этих же подразделениях применяют и САЕ-системы, но самое интересное то, что геометрическая модель объекта при этом строится заново, а не берется, как это казалось бы естественным, из CAD-системы. САМ-системы преимущественно используются в двух направлениях:

- автоматизация подготовки управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ;
- автоматизация подготовки бумажной технологической документации (маршрутные, операционные карты и т.п.).

Исходные данные для этих подсистем (в том числе и геометрические) также вводятся вновь средствами САМ.

Таким образом, “сквозные” САПР все еще остаются большой редкостью и реально работают, как правило, на очень небольшом количестве заводов и проектных организаций.

Вместе с тем, следует отметить, что процесс интеграции САПР с другими автоматизированными системами, работающими внутри предприятия, в настоящее время активно развивается на многих предприятиях. В основном, следует говорить об активизации связи САПР с системами АСУП, откуда САПР получает информацию планового характера, касающуюся состава изделий(заказов) и графика технической подготовки для их производства. Полученные в результате работы проектные решения используются подсистемами АСУП для формирования экономических показателей производства и дальнейших управленческих решений. Например, полученная в САМ-подсистеме управляющая программа для изготовления детали, скажем, на фрезерном станке, обычно содержит всю необходимую информацию о трудоемкости ее изготовления, что является исходным данным для формирования решений и документов типа сменного задания, нарядов и др. АСУП-овской информации.

Связь САПР с подсистемами АСНИ (автоматизированными системами научных исследований) носит сегодня больше теоретический характер. Даже в научно-исследовательских институтах АСНИ и САПР обычно функционируют независимо.

Естественно, что в идеале все автоматизированные системы на предприятиях должны функционировать согласованно и обеспечивать передачу информации друг другу также автоматизированным способом. Рассмотрим некоторые особенности современного понимания интегрированных информационных технологий и, в частности, CALS-технологии.

2.3.1. Electronic Product Definition - концептуальная основа CALS-технологий.

Одной из новых концепций в области современных информационных технологий, лежащих в русле направления CALS и определяющих долгосрочную перспективу развития автоматизации проектно-производственной сферы предприятий, является разработанная фирмой Computervision технология Electronic Product Definition (EPD) – «полное электронное определение изделия». Эта технология позволяет связать в единую систему все службы предприятия, участвующие в проектировании нового изделия, технологической подготовке и его производстве, а также службы, обеспечивающие снабжение, сбыт готовой продукции и сервис. Преимущества от внедрения EPD на конкретном предприятии можно проиллюстрировать на примере западных предприятий, впервые применивших указанную технологию. В частности, на фирмах Rolls-Royce Aerospace Group и Rover Group были достигнуты следующие показатели:

- сокращение сроков проектирования и технологической подготовки производства в 2 раза;
- многократное повышение качества проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства.

Технология EPD предполагает, что использование информационной модели изделия осуществляется в течение всех этапов его жизненного цикла, включающего в себя разработку предэскизных, эскизного, технического и рабочего проектов, технологическую подготовку производства, изготовление, эксплуатацию (обслуживание), ремонт, переоборудование и утилизацию.

Предэскизные проекты

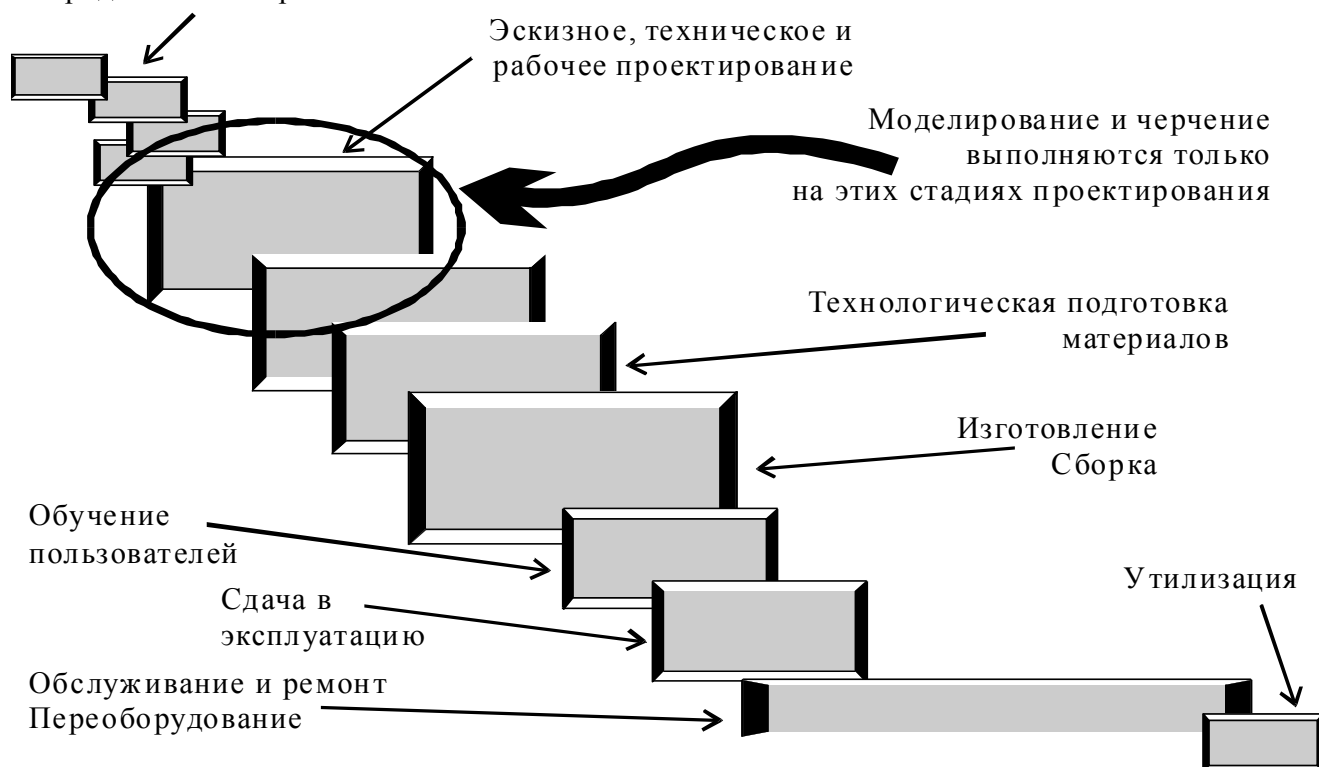


Рис.1. Жизненный цикл изделия.

Конечно, не нужно думать, что EPD- изобретение только фирмы CV и другие разработчики “тяжелых” САПР ничего подобного не имеют. Вместе с тем, эта технология впервые была внедрена в промышленном масштабе в рамках проектов фирмы CV. Поэтому в разделе 2.3 в дальнейшем мы будем ссылаться, в основном, на программные продукты ComputerVision.

2.3.2.Жизненный цикл изделия.

При традиционных технологиях выполнения сложных проектов объемы выпускаемых бумажных документов настолько велики, что только поиск необходимой информации для выполнения требуемой процедуры становится проблемой, на решение которой может уходить время, сопоставимое с временем выполнения самой процедуры.

С учетом этого стоимость бумажной документации и затраты на работу с ней составляют существенную часть стоимости как самого изделия, так и его эксплуатации. Кроме того, всегда существует проблема актуальности обрабатываемой информации, которая заключается в том, что пользователи работают с уже устаревшими или измененными данными, не имея возможности определить их текущий статус.

Как следствие этих проблем, перед предприятием встает задача иметь в наличии полную модель изделия в электронном виде, которая содержала бы всю информацию, необходимую для процессов его проектирования, производства или эксплуатации.

Электронная модель должна интегрировать в себе информацию об изделии во всех его аспектах, при этом важным моментом является доступность определенных частей информации, содержащейся в модели, всем подразделениям и службам предприятия через интерфейсы к их специальным системам.

Сложность и объем хранимой в модели информации и продолжительность жизненного цикла можно проиллюстрировать следующим примером. В рамках внедрения CALS-технологий на кораблестроительных верфях Vickers Shipbuilding and Engineering Ltd (Великобритания) создается и будет использоваться для каждой атомной подводной лодки, выпускаемой верфью, ее Полное Электронное Определение, включающее информацию обо всех отдельных деталях и комплектующих общим числом около одного миллиона единиц. Это требует внесения в информационную модель около шестидесяти миллионов различных атрибутов и их поддержки для использования в течение жизненного цикла атомной подлодки, который складывается из 15-летнего цикла разработки и 30-летнего периода эксплуатации. EPD позволит оперативно получать по любой конкретной лодке информацию о характеристиках любой системы, узла или отдельной детали. Например, для планирования профилактических и ремонтных работ можно формировать спецификации оборудования, подлежащей плановой замене в связи с истечением срока эксплуатации и отражать эти изменения в информационной модели, или моделировать на компьютере нештатные ситуации, связанные с нарушениями конструкций корпуса, систем жизнеобеспечения, трубопроводов, электрических сетей и т.д. и определять действия персонала, необходимые в таких ситуациях.

Таким образом, являясь концептуальной основой CALS-технологий, EPD обеспечивает конечного пользователя новыми возможностями по организации обслуживания, ремонта и утилизации сложных изделий.

2.3.3. Основные компоненты CALS-технологий.

К числу основных компонентов, относящихся к CALS-технологиям относятся следующие системы и средства:

- CAD / CAM/ CAE - системы;
- средства реализации технологии параллельного проектирования в режиме группового использования данных (Concurrent Engineering);
- средства управления проектными и инженерными данными (EDM - Enterprise Data Management) *(В настоящее время часто используется и другой термин для обозначения такого рода средств – PDM (Product Data Management))*;
- системы визуализации и разработки документации;
- средства обмена данными и стандартные интерфейсы к специализированным системам;
- средства разработки прикладного программного обеспечения;
- методики анализа процессов предприятия в проектно-технологической, производственной и управленческой сферах для реинжиниринга этих процессов.

Средства реализации технологии параллельного проектирования.

О CAD/CAM/CAE-системах мы, будем считать, уже достаточно поговорили, о технологии параллельного проектирования также упоминали. Напомню суть этой технологии. Она заключается в ведении работ по созданию изделия в параллельной технологической среде (CAPE - Concurrent Art-to-Product Environment). Основным методом, который связывается с внедрением CAPE, является осознание и продвижение новой проектно-конструкторской философии, которая заключается в замене последовательного (ведомственного) процесса сквозной разработки изделия в интегрированный, параллельный процесс его создания на основе концепции расширенного предприятия. Рабочая среда расширенного предприятия предполагает включение в совместную работу всех участников - специалистов по конструированию,

технологической подготовке производства, вопросам качества, покупки, продажи, маркетингу, поставщиков, заказчиков. Участники такого коллектива, работая в качестве тесно взаимодействующей многопрофильной группы, могут внести значительные улучшения в общий процесс разработки.

Необходимым условием работы в среде CAPE является наличие программных средств, позволяющих осуществлять параллельный санкционированный доступ к информационной модели, ориентирование и навигацию по структуре изделия для выбора необходимой геометрической информации или атрибутов, относящихся к тем или иным элементам структуры.

В качестве примера можно привести программный продукт CAMU (Concurrent Assembly Mock-Up). В нем предусмотрены удобные средства навигации по сборке с визуализацией структуры всей сборки и доступа к каждому компоненту. Любой элемент структуры, деталь либо узел может быть снабжен любым количеством атрибутов. Количество компонентов в сборке принципиально не ограничено. CAMU реализует технологию параллельного проектирования и работу с крупными сборками в групповом режиме использования данных, предоставляя всем участникам проектно-конструкторской бригады возможность одновременного и согласованного создания, анализа и модификации компонентов модели сборки составных частей и изделия в целом.

Система управления проектными и инженерными данными.

Система управления проектными и инженерными данными является одним из краеугольных камней GALS-технологий. Использование такой системы дает предприятию ряд преимуществ, основными среди которых являются следующие:

- экономия времени и средств за счет параллельного выполнения работ, уменьшения количества ошибок и переделок при совместном использовании данных в рамках расширенного предприятия;
- надежное централизованное хранение всего множества проектных данных, которые представляют собой «полное электронное определение изделия»;
- защита данных, исключающая несанкционированный доступ;
- архивирование и резервное копирование, позволяющее производить быстро восстановление в случае потери данных;
- управление атрибутными данными, обеспечивающее немедленный доступ к неграфической информации об изделии;
- электронное сопровождение процессов, управление визуализацией и процедурами прохождения документов, обеспечивающие рациональный и эффективный мониторинг.

Назначение и функции этой системы можно проиллюстрировать на примере системы Optegra, одного из лидеров среди систем класса EDM.

Optegra обеспечивает глобальный доступ к данным и использование их на любом рабочем месте в любое время, поддерживает режим параллельной коллективной работы различных групп пользователей и обеспечивает управление информационной моделью изделия в системе всех этапов его жизненного цикла. В качестве данных в системе Optegra могут использоваться любые геометрические и технологические данные, включая трехмерные модели, полученные в любых CAD/CAM-системах, чертежи в электронном виде, готовые модели и данные инженерных расчетов CAE-систем, NC-программы, растровые изображения, бумажные чертежи, спецификации, извещения об изменениях, инструкции, приказы, технические публикации и т.п. Если документ не присутствует в электронном виде, то он имеет электронный дескриптор, который и является объектом хранения и управления в системе Optegra.

Optegra позволяет сотрудникам всего предприятия через свои терминалы на рабочих станциях или персональных компьютерах получать доступ к любым данным

об изделии, хранящимся в электронном виде на локальном или удаленном сервере, и управлять этими данными.

Система Ortegra является открытой, модульной и наращиваемой. За счет открытости построения всех модулей Ortegra может быть интегрирована в общую вычислительную сеть предприятия. Система обеспечивает легкость настройки с учетом специфики предприятия и практически неограниченную расширяемость с целью увеличения ее мощности и поддержки пользователей в рамках расширенного предприятия.

Системы визуализации, разработки документации и средств обмена данными.

Важным компонентом CALS-технологий являются средства интеллектуальной визуализации. Центральную роль среди них играет система визуализации сложных геометрических моделей и сборок. Она должна позволять выводить реалистические изображения модели в любых проекциях, осуществлять так называемые «прогулки» внутри модели в интерактивном режиме, определять наложение объектов друг на друга и расстояния между ними, создавать видеоизображения, фотореалистичные цветные изображения, а также осуществлять доступ к базе данных, чтобы получить справку об объектах.

Как мы уже отмечали выше, для вывода чертежно-конструкторской документации необходимо иметь программные средства, обеспечивающие поддержку вывода документации во всех основных чертежных стандартах — ЕСКД, ANSY, JIS, ISO, DIN, GD&T и др.

Существенным требованием, вытекающим из необходимости обмена данными между различными системами, реализующими GALS-технологии, является поддержка стандартов на представление и обмен данными в интегрированных системах, к числу которых относятся, в первую очередь, IGES, STEP, VDA-FS, SET, DXF и ряд специализированных стандартов, например, CGM, STL и др. Кроме указанных стандартов должны предусматриваться так называемые прямые трансляторы между различными системами, совместно применяемыми в рамках CALS-технологий, например, трансляторы для обмена между системами автоматизированного проектирования: CADDs-CATIA-CADDs, CADDs-Unigraphics-CADDs, CADDs-Pro/Engineer-CADDs.

Системы разработки прикладного ПО.

Средства разработки прикладного программного обеспечения имеют важное значение для реинжиниринга процессов предприятия, поскольку обеспечивают локализацию программных компонентов CALS-технологий и интеграцию в них информационного задела предприятия. При этом все программные системы, включая прикладные программы, должны функционировать в единой среде.

Практически все известные производители САПР-овских систем предлагают различные средства разработки прикладного ПО (вспомните, например, СПРУТ).

Computervision, предлагает, в частности, инструментальную программную платформу PELORUS, которая, как «они» утверждают, знаменует собой принципиально новый подход к модификации существующего программного обеспечения и создания любых программных модулей, интегрируемых в CAD/CAM/CAE - системы. Эта система позволяет разработать прикладные программы, возможности которых могут превосходить все имеющиеся в настоящее время системы автоматизированного проектирования, причем трудоемкость разработки снижается как минимум в два раза при значительном повышении эффективности программ, требующих минимум системных ресурсов.

Методика анализа предприятия

Опыт передовых предприятий показывает, что для повышения конкурентоспособности недостаточно вкладывать средства только в современное производственное оборудование, компьютеры, коммуникации и программное обеспечение. Необходимо на самом раннем этапе вложить средства и провести анализ существующих процессов во всех сферах деятельности предприятия. В результате такого анализа определяются цели и средства реинжиниринга этих процессов.

В этом направлении фирма Computervision давно и успешно использует в своей работе методику PDD (Product Development Diagnostic) для анализа проектно-технологической и производственной сферы предприятия с целью разработки комплексных планов реинжиниринга и внедрения CALS-технологий.

Аппаратное обеспечение CALS-технологий

Практически все программные продукты, которые могут использоваться в рамках CALS-технологий, ориентированы на наиболее распространенные платформы:

- для персональных компьютеров: Microsoft Windows;
- для рабочих станций UNIX-платформы: Sun SPARC Solaris, Sun SPARS SunOS, Digital UNIX (Alpha), SGI IRIX, Hewlett Packard/Hp-Ux и IBM AIX/600.

Ориентация на указанные платформы позволяет обеспечить преемственность и переносимость программного обеспечения наряду с высокими характеристиками надежности компьютерной техники вышеуказанных фирм и высокими значениями отношения «функциональные возможности/цена».

Поставка комплексных решений - стратегическое направление работы поставщиков полномасштабных промышленных САПР.

Как мы уже говорили выше, американская корпорация Computervision Corp. принадлежит к числу признанных во всем мире лидеров в исследованиях, разработке и практическом внедрении CALS-технологий. Рассмотрим, как происходит реализация концепции Полного Электронного Определения (EPD) на базе программных продуктов корпорации.

С помощью системы **CADD5 5**, относящейся к классу полномасштабных CAD/CAM/CAE-систем, порождается геометрия изделия, проводится инженерный анализ и готовится информация для технологической подготовки производства, при этом в модель вносится вся необходимая графическая и неграфическая информация. Система **CADD5 5** включает в себя программное решение **CAMU** (Concurrent Assembly Mock-up), которое позволяет бригадам проектировщиков различных специальностей выполнять свою работу параллельно в групповой технологии, иметь в реальном времени доступ к результатам работы других проектировщиков и конструкторов, при этом участники процесса параллельного проектирования могут находиться на разных, географически удаленных предприятиях.

Полное электронное определение изделия, включая трехмерную модель и дополнительную графическую и неграфическую информацию, хранится в базе данных, управляется и контролируется с помощью системы управления проектными и инженерными данными **Optegra**.

Для обмена данными используются средства, реализующие международные и общепринятые стандарты представления и обмена данными.

Среди продуктов фирмы имеются системы визуализации, которые обеспечивают уникальные возможности вывода изображений сложных геометрических моделей.

Все указанные выше CALS-технологии фирмы **Computervision**, реализующие концепцию Полного Электронного Определения изделия, позволяют решить информационные, организационные и управленческие проблемы современного расширенного предприятия, обеспечить высокий уровень качества продукции, минимальное время для ее обновления и выхода на рынок. При этом обеспечивается

непрерывная информационная поддержка изделия в течение всех этапов жизненного цикла.

В настоящее время все крупные поставщики CAD/CAM/CAE - систем ведут интенсивную работу по созданию и совершенствованию инструментария реализации CALS-технологий. Поэтому в ближайшие годы следует ожидать практических результатов эффективной интеграции промышленных САПР и традиционных информационных АСУ-систем не только применительно к проектированию и производству сложных дорогих изделий, но и применительно к самым различным отраслям современной промышленности.

3. САПР “СИРИУС” как пример типовой САПР.

3.1. Классификация задач раскроя промышленных материалов. Обзор технологического оборудования с ЧПУ, используемого для резки материала.

В различных отраслях промышленности на заготовительном этапе производства возникает проблема оптимального раскроя материала. Смысловое содержание этой проблемы заключается в том, чтобы обеспечить минимальные отходы материала при получении из него заготовок известных форм и размеров.

В зависимости от формы заготовок различаются задачи линейного, прямоугольного и фигурного раскроя. На математическую модель задачи и выбор методов ее решения существенное влияние оказывают характер производства, особенности оборудования, используемого при раскрое, а также технологические свойства раскраиваемого материала. Принципиальные различия между многими задачами раскроя (при кажущейся одинаковости их содержательных постановок) часто становятся видны только при практической разработке алгоритмов их решения. Современный математический аппарат не гарантирует получение оптимального плана раскроя материала для большинства раскройных задач, поэтому разработка эффективных методов оптимизации расхода материала остается актуальнейшей проблемой раскройно-заготовительного производства. С другой стороны, появление высокопроизводительного технологического оборудования раскроя материала (машин с ЧПУ для термической резки металла, лазер- и плазmapрессов с ЧПУ и пр.) и бурное развитие вычислительной техники создает возможности для внедрения автоматизированных программно-технических раскройных комплексов, что также стимулирует исследования в области разработки систем автоматизированного проектирования технологических процессов раскроя и производства заготовок из промышленных материалов.

Основы теории раскроя в нашей стране были заложены выдающимися учеными Л.В.Канторовичем и В.А.Залгаллером. Их фундаментальный труд: "Рациональный раскрой промышленных материалов", изданный в 1951 г. в Ленинграде и переизданный в 1971 г. в Новосибирске остается настольной книгой для всех специалистов, серьезно занимающихся вопросами раскроя. В этой книге детально рассмотрены задачи линейного и прямоугольного раскроя, а также задача раскроя материала на круглые заготовки. Большая теоретическая и практическая работа по дальнейшему развитию методов решения задач прямоугольного раскроя проделана в Уфимском авиационном институте Э.А.Мухачевой. Созданная ею научная школа является сегодня самой известной и крупной в России. Работы Э.А.Мухачевой и ее учеников ориентированы, в основном, на гильотинную технологию раскроя материалов, которая диктуется применением в промышленности гильотинных ножниц. Особенно эффективно применение "уфимских" алгоритмов при решении задач линейного и прямоугольного раскроя в условиях мелкосерийного и массового производства. Немногочисленные разработки

по прямоугольному негильотинному раскрою представляют собой различные программные реализации метода последовательно-одиночного размещения, посредством которого осуществляется проектирование на компьютере различных раскройных планов. Этот метод был предложен Ю.Г.Стояном(г.Харьков).В последние годы новая теория решения задачи прямоугольного негильотинного раскроя разработана А.И.Липовецким (г.Екатеринбург), проживающим сейчас в Израиле, который разработал алгоритм нахождения глобального оптимума этой задачи. Вместе с тем, программное обеспечение для оптимального решения задач даже прямоугольного раскроя гарантирует построение оптимального раскройного плана только для ограниченного числа заготовок. Условия массового производства для случая заготовок сложных геометрических форм порождают задачу периодического размещения плоских деталей, известную на практике прежде всего как задачу штамповки заготовок из рулонных и листовых материалов.

Оптимизацией раскроя при листовой штамповке занимались многие специалисты и коллективы, среди которых следует отметить Л.Б.Белякову (г.Нижний Новгород) и группу специалистов Харьковского института проблем машиностроения, работающих под руководством Ю.Г.Стояна.

Наиболее сложной задачей раскроя является задача фигурного раскроя в единичном производстве, которую можно сформулировать следующим образом.

Пусть имеется заданное количество заготовок произвольной конфигурации, которые необходимо разместить на прямоугольных листах фиксированных размеров так, чтобы общая длина занятой части листов была минимальной .

С 1977 г. в ПО "Уралхиммаш" (г.Екатеринбург) разрабатывается программное обеспечение решения этой задачи, ориентированное на применение в САПР раскроя и подготовки управляющих программ для машин с ЧПУ для термической резки металла. Результатом этой работы стал сначала пакет программ КАПРАЛ для ЕС ЭВМ , а в 1991 году разработана 1-ая версия САПР "СИРИУС" для IBM совместимых персональных компьютеров.

СИРИУС (Система Интерактивного Раскроя И Управления Станками) - это новая высокоэффективная разработка, предназначенная для проектирования раскроя материала на заготовки произвольной конфигурации и подготовки управляющих программ для машин термической резки металла. Кроме того, СИРИУС - это универсальное средство для проектирования управляющих программ для обработки деталей на токарных и фрезерных станках с ЧПУ (класса 2.5 D), в том числе, на всех типах сверлильных.

СИРИУС реализован на IBM - совместимых персональных компьютерах в среде MS-DOS и WINDOWS. С 1996 г. поставляется новая версия САПР СИРИУС, которая обладает целым рядом принципиально новых возможностей, делающих ее сравнимой, а по целому ряду характеристик значительно превосходящей самые лучшие зарубежные разработки такого рода.

Отличительные особенности СИРИУСа :

- эффективное кодирование деталей любой сложности ;
- не имеющий аналогов по своим функциональным возможностям мощный специализированный графический редактор, обеспечивающий проектирование раскройной карты с максимально возможным коэффициентом использования материала за минимальное время ;
- целый спектр новейших алгоритмов автоматического и автоматизированного раскроя ;
- учет всех технологических особенностей резки и возможностей оборудования для резки ;
- возможность использования подпрограмм;
- органичная стыковка с устройствами ввода-вывода на перфоленту.

- Вывод эскизов раскройной карты на все типы принтеров и плоттеров ;
- встроенный интерпретатор языка C ;
- уникальный сервис для пользователя.

СИРИУС вобрал в себя большой теоретический и практический опыт ведущих специалистов Екатеринбурга и России в области разработки и внедрения программного обеспечения для автоматизации раскройно-заготовительного производства, и, прежде всего, уникальнейший опыт работы крупнейшего в Европе раскройно-заготовительного цеха по производству заготовок из листового металлопроката, который с 1985 года функционирует в ПО "Уралхиммаш". СИРИУС успешно внедрен на многих машиностроительных предприятиях, а также на заводах по производству металлоконструкций в различных городах страны, в том числе: в Екатеринбурге, Москве, Таллинне, Минске, Воронеже, Туле, Азове, Челябинске, Перми, Иркутске, Улан-Удэ, Кургане, Хабаровске и др. Среди пользователей САПР "СИРИУС" такие промышленные гиганты, как АО "Уралэлектротяжмаш" (г.Екатеринбург), АО "МЕЧЕЛ" (Челябинский металлургический комбинат), Курганский машиностроительный завод, АО "Донпрессмаш" (г.Азов), Тульский комбайновый завод и многие другие.

Кроме того, СИРИУС может эффективно использоваться (и уже используется) в деревообработке, строительстве, швейной и обувной промышленности ; в рекламных, декоративных и иных целях.

Прежде, чем рассматривать структуру и состав САПР "СИРИУС" сделаем краткий обзор технологического оборудования с ЧПУ, используемого для раскроя промышленных материалов.

Многие технологические процессы производства продукции в машиностроении связаны с переработкой металлического листа. В настоящее время для вырезки заготовок из листового металлопроката на различных предприятиях используется различное технологическое оборудование. Наиболее широкое применение получили гильотинные ножницы, которые обладают высокой производительностью при резке тонкого металла на прямоугольные заготовки. Заготовки сложной формы чаще всего получают методом холодной листовой штамповки. На предприятиях с единичным типом производства, которое характеризуется постоянным изменением номенклатуры деталей, для резки металла на фигурные заготовки целесообразней использовать термическую технологию резки. Оборудование для термической резки материала можно условно разделить на 3 класса: "ручные" переносные аппараты, фотокопировальные станки и стационарные машины, управляемые системами с ЧПУ. Предметом нашего обзора является именно этот класс машин.

Существуют три основных типа режущего инструмента для термической резки металла: газорежущие, плазморежущие и лазерные устройства. Все они устанавливаются на машинах с ЧПУ. В бывшем СССР промышленное производство газорежущих и плазморежущих машин портального типа было размещено, в основном, на Украине. Лазерные машины серийно не выпускались, а покупались за рубежом, большей частью, в Болгарии. В настоящее время в России машины с ЧПУ для термической резки металла (МТР) изготавливает, в частности, одно из "оборонных" предприятий в г.Минусинске Красноярского края. В уральском регионе ни одно предприятие выпуском в промышленном масштабе МТР не занималось. Вместе с тем, в Екатеринбурге ряд организаций (АО "Уралмаш", УралНИТИ) ведут разработки инструмента для термической резки материала. Технологическое оборудование с ЧПУ для резки листовых материалов производится сегодня практически во всех промышленно развитых странах. Машиностроительный комплекс Урала уже давно являлся одним из крупных потребителей "западных" МТР с ЧПУ, которые отличались от отечественных аналогов не столько какими-либо специфическими возможностями

или высокой производительностью, сколько, прежде всего, значительно более высоким качеством.

В последние годы многие зарубежные фирмы предлагают на российском рынке новые технологии в области резки материала - резка водяной струей, резка плазмой в воде, а также новые высокопроизводительные станки (лазер- и плазмопрессы), сочетающие в себе, с одной стороны, возможности прессов с ЧПУ для вырубки и высечки деталей, а с другой - плазморежущих и лазерных машин. В отличие от машин портального типа, где неподвижной частью машины является стол, а инструмент для резки движется вместе с порталом, лазер(плазма)прессы, как правило, имеют подвижный стол и, следовательно, имеют более серьезные ограничения по размерам обрабатываемого материала.

Такого типа оборудование у фирмы "TRUMPF(Германия), в частности, приобрели АО "Уралмаш" и АО"Уралэлектротяжмаш(г.Екатеринбург), АО "Сибкриотехника" (г.Омск), Машзавод (г.Курган).

Машины для резки материала водяной струей пока не получили распространение в уральском регионе, а вот лазер(плазма)прессы ряд заводов уже приобрели, и еще ряд предприятий намерены сделать это в ближайшее время. Следует отметить, что крупногабаритные машины с ЧПУ для резки металлического листа длиной до 10 м и выше покупаются, прежде всего, конечно, крупными машиностроительными предприятиями. Несмотря на большую потребность мелких и средних предприятий в автоматизации раскройно-заготовительного производства, зарубежные МТР, кроме болгарских лазерных машин типа "HEBER" ("Хебр") с системой ЧПУ ZIT500, не получили широкого распространения в уральском регионе. Основной парк МТР на предприятиях Урала составляют "отечественные" газорежущие и плазморежущие машины типа "Комета" с системой ЧПУ 2P32, которые производятся в Одессе. Это оборудование вполне удовлетворительно по качеству и приемлемо по ценам даже для небольших предприятий. В то же время "отставание" технических характеристик "Комет" от лучшей "западной" продукции все более увеличивается. Среди производителей крупногабаритных порталных машин термической резки металла следует выделить германскую фирму MESSER GRIESHEIM и шведскую ESAB. МТР фирмы MESSER GRIESHEIM еще в начале 70-тых годов эксплуатировались, в частности, в ПО "Уралмаш". В конце 1995 г. в центральной прессе "прошла" информация о переговорах АО "Газпром" с MESSER GRIESHEIM о закупке крупной партии технологического оборудования с ЧПУ для резки листовых материалов. Большая партия газорежущих, плазморежущих и лазерных машин была закуплена у фирмы ESAB ПО "Уралхиммаш". Среди потребителей продукции фирмы ESAB также Челябинский тракторный завод(АО "Уралтрак"), АО "Уралмаш" и др.

3.2. Состав и структура САПР "СИРИУС".

Программное обеспечение СИРИУС включает в себя следующие подсистемы: (см. рис. 2)

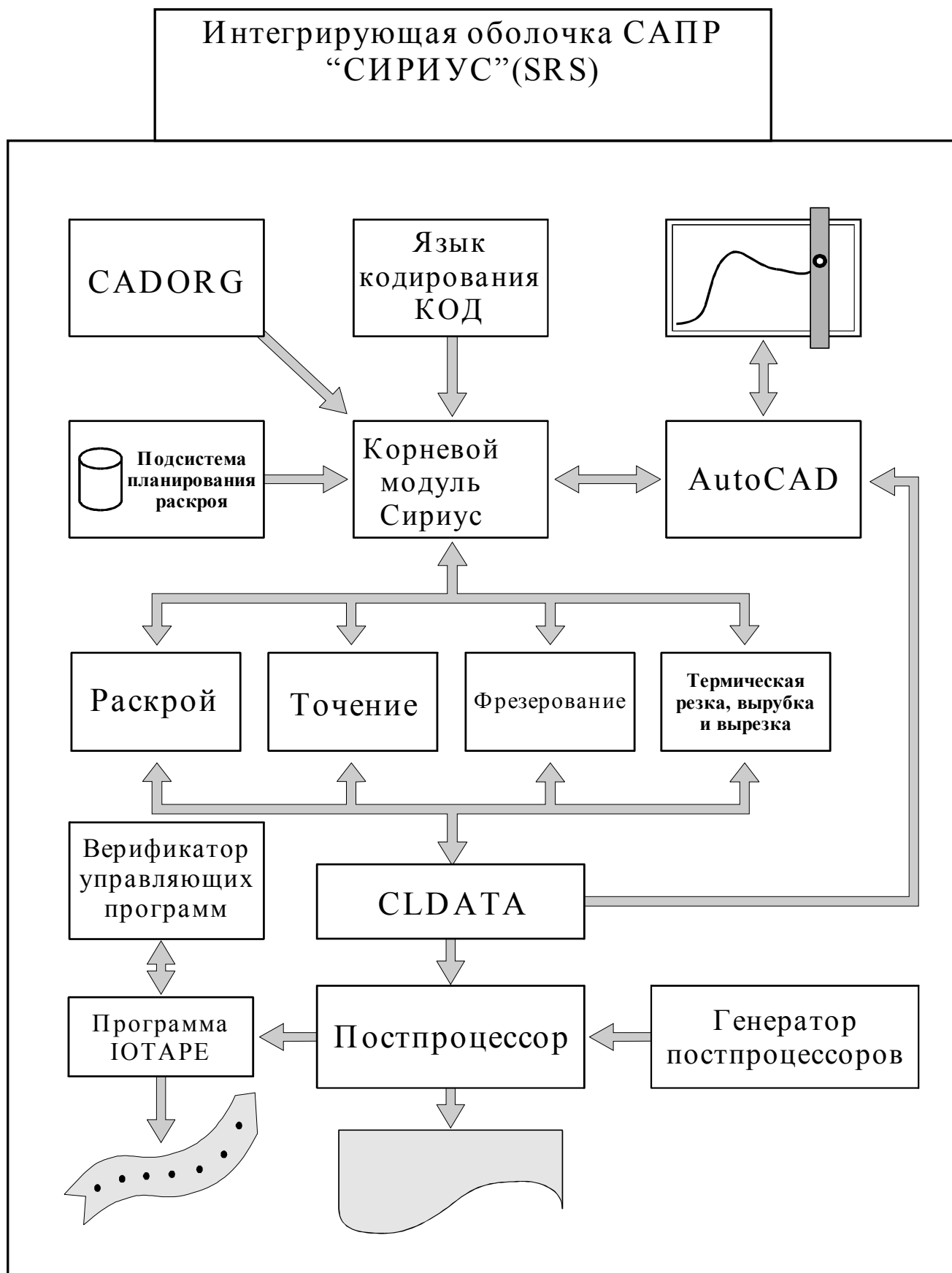


Рис.2. Структура САПР “СИРИУС”

- интегрирующая оболочка САПР "СИРИУС";

Оболочка объединяет в одно целое все подсистемы СИРИУСа, предоставляя при этом пользователю множество сервисных функций;

- язык КОД (кодированное описание деталей) для описания геометрии плоских геометрических объектов;

Язык имеет интерфейс (через DXF - формат) с системой AUTOCAD.

- AUTOCAD;

Известная разработка фирмы AUTODESK, расширенная библиотекой LISP - программ для стандартных деталей, является альтернативной КОДУ подсистемой кодирования деталей в СИРИУСе.

- CADORG;

Еще один пакет программ СИРИУСа, который используется чаще всего для кодирования и редактирования геометрии плоских объектов особо сложной формы посредством дигитайзера. Пакет предусматривает и обычный способ задания координат точек кодируемого объекта посредством клавиатуры или графического курсора.

- корневой модуль СИРИУСа;

Этот модуль представляет собой мощный современный специализированный графический редактор, на основе которого построено функционирование большинства подсистем СИРИУСа.

- подсистему автоматизированного проектирования раскройных карт;

Подсистема автоматизированного раскроя обеспечивает проектирование раскройной карты как в интерактивном, так и в автоматическом режимах. В этой подсистеме реализованы новейшие теоретические достижения известной екатеринбургской школы нерегулярного рационального раскроя, что обеспечивает для определенных классов деталей значительное повышение коэффициента использования материала по сравнению с "ручным" проектированием. Автоматический режим включает в себя различные пакетные методы расчета рационального раскроя материала, а также имеет встроенный макроязык для мгновенного программирования простых алгоритмов раскроя, в котором предусмотрена визуализация процесса раскладки деталей в области размещения с возможностью доработки результата размещения в интерактивном режиме.

- модуль проектирования маршрута резака для газорезающих, плазморезающих и лазерных машин с ЧПУ;

Модуль назначения маршрута резака обеспечивает проектирование маршрута резки в интерактивном режиме с целью соблюдения всех технологических требований резки материала. Использование встроенного макроязыка позволяет легко автоматизировать процесс проектирования программы резки. Реализован и полностью автоматический режим формирования программы резки, который в большинстве случаев обеспечивает соблюдение технологии резки даже для раскройных карт высокой сложности. Модуль также предусматривает возможность использования подпрограмм, а также возможность проектирования управляющей программы для резки трехрезаковым блоком и одновременной резки несколькими суппортами.

- подсистемы проектирования процессов обработки деталей для токарных и фрезерных станков с ЧПУ;

В данных подсистемах реализованы гибкие интерактивные методы проектирования программ обработки деталей, обеспечивающие максимальную свободу принятия технологических решений для пользователя- программиста.

- подсистему информационного планирования и учета технологических процессов раскроя;

Эта подсистема построена на использовании информационных баз данных и архивов геометрии деталей и листов. Подсистема позволяет:

- Формировать и постоянно поддерживать базы данных - материалов; заказов (изделий); листов; деталей, распределенных между заказами.

- При работе с базами деталей и листов, вносить в них геометрию, с возможностью просмотра ее на экране, и автоматической перекодировкой из формата DXF в формат СИРИУСа.

- Формировать пакеты и в любой момент времени изменять их содержимое. (Пакетом считается произвольный набор деталей и листов, имеющих одинаковый материал и толщину листа).

- Формировать из пакета до 99 заданий на раскрой, с возможностью их постоянной корректировки, и просмотра на экране содержания задания в графическом режиме с расчетом коэффициента использования листа.

- Обрабатывать результаты раскроя и резки (с учетом "ручной" корректировки задания на раскрой) с формированием итогового документа.

- генератор постпроцессоров для машин термической резки материала и станков с ЧПУ;

- верификатор для проверки "правильности" полученных управляющих программ;

Верификатор выполняет функцию "обратного" постпроцессора и позволяет эмулировать на экране движение резака для конкретной машины термической резки.

- программно-технический комплекс IOTAPE для стыковки персонального компьютера и устройств ввода/вывода с/на перфоленту ;

Комплекс обеспечивает подключение к персональному компьютеру устройств ввода/вывода на перфоленту типа FACIT, ПЛ150М, FS-1500, CM6204 и др. Он предусматривает вывод информации на перфоленту в кодах ISO, EAI, ASCII и пр. Пользователь может также легко определить собственную кодовую таблицу.

В целом можно отметить, что в "СИРИУСе" предусмотрено эффективное использование возможностей любых отечественных и зарубежных газорежущих, плазморежущих и лазерных машин с ЧПУ. В настоящее время "Сириус" адаптируется применительно к подготовке управляющих программ для лазер(плазма)прессов с ЧПУ.

3.3. Требования, предъявляемые к техническому и программному обеспечению современных систем автоматизации проектирования раскроя и подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ.

3.3.1. Конфигурация технических средств для автоматизированного проектирования управляющих программ.

Как мы уже отмечали, современное развитие компьютерных технологий позволяет эффективно использовать программно-технические комплексы для автоматизированного проектирования управляющих программ для МТР. В нашей

стране для этих целей используются системы автоматизированного проектирования оптимального раскроя материала и подготовки управляющих программ, в основном, на базе персональных компьютеров.

Конфигурация персонального компьютера определяется особенностями программного обеспечения САПР, используемой для проектирования, операционной системой, под управлением которой функционирует САПР, а также целесообразностью применения дополнительных вычислительных ресурсов компьютера для повышения эффективности процесса проектирования. Например, известные отечественные системы подготовки управляющих программ, такие, как САПР "ИНТЕХ-Р", САПР "Раскрой", САПР "Сириус" функционируют в среде MS DOS на IBM-совместимых персональных компьютерах, начиная с AT 286, однако, наиболее эффективно их применение на компьютерах типа AT486 и PENTIUM. Последняя версия системы COLUMBUS II (разработчик : шведско -- германская фирма ESAB) реализована в операционной системе WINDOWS 95 и, следовательно, не может работать на компьютерах типа AT 286. В последнее время зарубежные разработчики САПР управляющих программ для МТР все чаще ориентируются на использование "рабочих станций" (workstation), хотя по своим характеристикам САПР раскроя к "тяжелым" не относится. Поэтому выбор конфигурации компьютера для автоматизированной подготовки управляющих программ следует производить после выбора соответствующего программного обеспечения.

Учитывая, что для ввода управляющей программы в различных машинах термической резки могут использоваться различные носители информации, может также возникнуть потребность в дополнительных технических и программных средствах, обеспечивающих передачу управляющей программы из компьютера в МТР. Современные машины термической резки с ЧПУ допускают один или несколько способов ввода управляющей программы с использованием следующих носителей информации:

- перфолента;
- магнитная лента;
- флоппи-диск;
- прямое цифровое управление (DNC);

Мы не упомянули еще "ручной" ввод с пульта МТР, однако, он не предусматривает использование "стороннего" компьютера для проектирования управляющих программ, за исключением случая, когда полученная с помощью САПР управляющая программа просто "набирается" на пульте МТР.

Наиболее часто используемый носитель информации для управляющих программ - перфолента. Поэтому практически все САПР управляющих программ могут поставляться по требованию заказчика вместе с программно-техническими средствами стыковки компьютеров и устройств вывода на перфоленту (перфораторов). Магнитная лента как носитель информации для управляющих программ используется сегодня крайне редко. Как правило, такой способ ввода предусмотрен только на модернизированных самими пользователями МТР. Кроме того, средства стыковки персональных компьютеров и накопителей на магнитных лентах также серийно не выпускаются ни в России, ни за рубежом. Поскольку флоппи-дискеты входят в базовую конфигурацию любого персонального компьютера, все больше производителей МТР предусматривают такой способ ввода управляющих программ как наиболее эффективный и сравнительно недорогой. Прямое цифровое управление МТР посредством передачи управляющей программы из компьютера по прямым(кабельным) каналам связи - самый прогрессивный и надежный вид передачи информации. Вместе с тем, следует отметить, что большинство отечественных МТР не удовлетворяют техническим требованиям для реализации DNC. Кроме того, по стоимости прямое цифровое управление пока еще остается достаточно дорогим

способом ввода управляющих программ и требует дополнительных программно-технических средств. Вместе с тем, в самое ближайшее время этот способ передачи информации, безусловно, станет преобладающим.

3.3.2. Структура программного обеспечения для автоматизированного проектирования управляющих программ.

Существующие САПР оптимального раскроя материала и подготовки управляющих программ для МТР несмотря на различные подходы к их реализации обладают целым рядом общих структурных программных компонентов. К ним относятся следующие:

- Подсистема кодирования геометрии деталей;
- Геометрические архивы данных;
- Графический редактор;
- Подсистема планирования раскроя;
- Раскрой;
- Назначение маршрута резки;
- Получение управляющей программы во внутреннем формате;
- Постпроцессор;
- Вывод управляющей программы на носитель для ввода в МТР. Вывод результатов проектирования на бумажные носители.

3.3.2.1 Требования к подсистеме кодирования деталей.

1) Для кодирования деталей необходим язык описания плоских геометрических объектов, который позволяет описывать геометрические примитивы : прямая , окружность , отрезок , дуга и т.д., из которых составляются контура деталей. Программное обеспечение при этом не должно иметь существенных ограничений на число элементов контура ;

2) язык кодирования должен также позволять описывать и неаналитические кривые (например, лекальные). Это требование связано с широким применением в различных отраслях промышленности деталей, границы которых не могут быть представлены контуром, состоящим из отрезков прямых и дуг окружностей ;

3) для быстрого и качественного кодирования деталей безусловным требованием является графическая верификация кодируемой детали на экране графического дисплея ;

4) для ускорения процесса кодирования типовых деталей должна быть предусмотрена возможность параметрического описания геометрии детали за счет использования макропроцедур с символическими параметрами (самым простым примером такой макропроцедуры является программа описания геометрии прямоугольной детали по двум параметрам : высоте и длине прямоугольника). Пользователь должен иметь возможность самостоятельной разработки подобного типа макропроцедур ;

5) наличие современной системы "меню" с использованием дополнительной клавиатуры типа "мышь" или планшетного "меню" является естественным требованием. При частом кодировании неаналитических кривых необходимо также применение дополнительного устройства типа "дигитайзер" ;

Существует два подхода к выбору языковых и программных средств для кодирования плоских геометрических объектов : разработка специализированного программного продукта и использование уже разработанного программного обеспечения. Большинство разработчиков САПР управляющих программ поставляют собственные подсистемы кодирования. В то же время, следует иметь в виду, что многие предприятия уже активно внедряют различные конструкторские САПР, в которых

предусмотрены возможности кодирования плоской геометрии. Из наиболее распространенных отечественных конструкторских пакетов программ мы уже отмечали системы КОМПАС-График (АО "АСКОН", С-Петербург) и T-Flex CAD, (АО "Топ-системы", г.Москва), а из зарубежных - систему AUTOCAD (AUTODESK Ltd, Англия). Использование этих систем в качестве средств кодирования геометрии для САПР управляющих программ также может быть оправдано при условии, что это не приведет к дополнительным материальным затратам.

3.3.2.2 Требования к геометрическим архивам данных.

- 1) Главным требованием к геометрическому архиву данных является его наличие. Это освобождает от необходимости кодировать детали, найденные в архиве;
- 2) уникальная геометрия хранится в архиве с уникальным именем;
- 3) геометрия детали может храниться в виде геометрических данных или в виде набора параметров, по которым может быть восстановлен точный геометрический образ детали. Второй способ представления экономит объем архива, однако, увеличивает время доступа при загрузке геометрии в модуль раскроя ;
- 4) архив может строиться на основе баз данных со специализированным форматом или может иметь обычную файловую структуру.

3.3.2.3 Требования к графическому редактору.

- 1) Графический редактор является базовым модулем программного обеспечения САПР оптимального раскроя и подготовки программ для МТР;
- 2) модуль должен обеспечивать эффективное выполнение стандартных графических функций: визуализацию геометрической информации, копирование, перенос, поворот и зеркальное отображение геометрических контуров на экране дисплея, масштабирование, построение эквидистантного контура, редактирование геометрической информации и т.п.;
- 3) графический редактор должен предусматривать импорт графических файлов из стандартных зарубежных графических пакетов программ, которые получили наиболее широкое распространение в России (AUTOCAD и т.п.). Это касается и уже упомянутых отечественных конструкторских САПР. Пользователю также могут понадобиться и аналогичные экспортные возможности.

Учитывая специфику задач раскроя материала и проектирования управляющих программ для МТР, целесообразно применение специализированных графических редакторов, ориентированных на данную предметную область. Вместе с тем, в некоторых САПР в качестве графической среды используются и стандартные графические редакторы. Примером может служить система METROCAD (разработчик : германская фирма TRUMPF), которая использует в качестве графического редактора систему AUTOCAD.

3.3.2.4. Требования к подсистеме планирования раскроя.

- 1) Подсистема планирования раскроя предназначена для управления информационными базами данных и архивами геометрии деталей;
- 2) Подсистема должна позволять:
 - формировать и постоянно поддерживать базы данных материалов, заказов (изделий), а также листов и деталей, распределенных между заказами;
 - при работе с геометрическими архивами деталей и листов, заносить в них геометрию, с возможностью просмотра ее на экране;
 - осуществлять различные выборки из баз данных по различным реквизитам (маркам материала, толщинам, номерам заказов и т.п.);

- формировать задания на раскрой и в любой момент времени изменять их содержимое. (Под заданием обычно понимается произвольный набор деталей и листов, имеющих одинаковый материал и толщину листа);
- просматривать на экране содержание задания в графическом режиме с расчетом коэффициента использования листа;
- обрабатывать результаты раскроя и резки, т.е. вносить в базы данных информацию о результатах раскроя и резки и формировать необходимые итоговые документы.

3.3.2.5 Требования к подсистеме раскроя.

1) Подсистема раскроя выполняет функции размещения геометрических образов деталей на материале с заданной конфигурацией и размерами и должна обеспечивать оптимальность критерия размещения. Обычно в качестве критерия оптимальности используют коэффициент использования материала. Как мы уже отмечали выше, в зависимости от формы деталей различаются задачи прямоугольного и фигурного раскроя. На математическую модель задач раскроя и выбор методов их решения существенное влияние оказывают характер производства, а также некоторые свойства раскраиваемого материала (например, его неизотропность, наличие зон "запрета" для размещения деталей и др.) Наиболее сложной оптимизационной задачей раскроя является задача нерегулярного фигурного раскроя, которая заключается в минимизации расхода материала произвольной формы при получении из него фиксированного набора заготовок различных форм и размеров. Такая задача особенно часто возникает в условиях единичного и мелкосерийного производства. Именно для этих условий особенно эффективно использование МТР. Помимо критерия оптимальности необходимо соблюдать и технологичность раскроя, т.е. все технологические требования резки материала. Следует отметить, что для выполнения требования технологичности раскроя во многих системах автоматизированной подготовки управляющих программ для МТР проектирование раскройной карты производится после задания программы вырезки отдельных деталей, т.е. объектами размещения на материале являются не геометрические образы деталей, а контура, содержащие след движения резака, в том числе и след движения от заранее определенных точек врезки до непосредственно самих деталей. Это несколько упрощает учет технологических требований резки, но, с другой стороны, часто приводит к уменьшению коэффициента использования материала;

2) мировой опыт разработки, внедрения и использования различного программного обеспечения для расчетов рационального раскроя промышленных материалов в единичном производстве показал, что не существует универсального алгоритма автоматического размещения геометрических объектов, одинаково эффективного для раскроя всех номенклатур деталей. Другими словами, при широкой номенклатуре деталей необходимо использование целого набора различных математических алгоритмов раскроя.

3) помимо набора чисто автоматических вычислительных процедур раскроя подсистема раскроя должна иметь мощные диалоговые (интерактивные) средства размещения геометрических объектов на экране, поскольку многие задачи нерегулярного фигурного раскроя все еще более эффективно решаются "вручную". Это касается также, прежде всего, задач раскроя в единичном производстве. Интерактивный раскрой может также использоваться и для корректировки результатов автоматического раскроя. Процедуры (команды) диалогового размещения должны быть малооперационными и максимально автоматизированными, например, перемещение выбранной детали в некотором направлении до соприкосновения с уже уложенными деталями должно производиться нажатием одной "горячей" клавиши или кнопки "мыши". Совокупность такого рода процедур и удобство их использования по существу

определяют эффективность всей подсистемы раскроя в целом. В минимальный набор команд интерактивного раскроя должны входить, в частности, следующие:

- выбор детали курсором;
- поворот выбранной детали вокруг своего центра тяжести и вокруг позиции курсора;
- зеркальное отображение детали;
- копирование детали;
- создание групп (блоков) деталей;
- задание минимально допустимой дистанции между деталями;
- перемещение выбранной детали влево, вправо, вверх и вниз до границы допустимой области размещения;
- перемещение детали в указанную позицию;
- удаление выбранной детали.

Эффективная работа с группами деталей, возможность раскроя материала произвольной конфигурации, отсутствие ограничений на уровень вложенности деталей (т.е. на размещение одних деталей внутри отверстий других), наличие команд, позволяющих мгновенно решать многие локальные задачи раскроя (например, определение оптимального расположения детали внутри некоторой области или размещение набора однотипных деталей внутри однотипных отверстий и т.п.) - все это также необходимые особенности современного инструментария интерактивного раскроя ;

4) важным требованием к подсистеме раскроя является наличие внутреннего макроязыка, обеспечивающего пользователю программирование дополнительных макропроцедур для реализации часто повторяющихся действий и выполнения интерактивных команд раскроя в автоматическом режиме. Для максимальной эффективности программирования язык должен быть полнофункциональным, т.е. по своим возможностям сравнимым с языками программирования типа C или PASCAL.

3.3.2.6. Требования к подсистеме назначения маршрута резки.

1) Подсистема назначения маршрута резки предназначена для автоматизированного проектирования маршрута резака МТР по заданной раскройной карте и получения данных об управляющей программе во внутреннем формате системы.

Как отмечалось в разделе 3.3.2.5 п.1), раскройная карта может быть спроектирована и после назначения технологии резки отдельных деталей. В этом случае использование подсистемы назначения маршрута резки будет чередоваться с использованием процедур раскроя ;

2) Международным стандартом формата данных, определяющих положение и движение инструмента для всех станков с ЧПУ является сегодня формат CLDATA. Поэтому естественным требованием к программному обеспечению для автоматизированной подготовки управляющих программ является требование представления результатов проектирования в данном формате ;

3) при назначении маршрута резака пользователю необходимо обеспечить соблюдение всех технологических требований резки металла. Существующие известные формальные алгоритмы назначения маршрута, реализованные в виде так называемых программ "автоматической резки", в общем случае, не гарантируют полное соблюдение этих требований, и, в первую очередь, не обеспечивают минимизацию тепловых деформаций при резке. Следовательно, как и подсистема раскроя, программный модуль назначения маршрута резки должен иметь интерактивные средства проектирования управляющих программ. Вместе с тем, полностью автоматические программы назначения маршрута резака для определенных классов раскройных карт могут давать вполне удовлетворительные результаты по качеству управляющих программ, при этом существенно экономя время проектирования. Таким

образом, программное обеспечение для автоматизированного проектирования маршрута резки должно предусматривать оба режима работы : автоматический и интерактивный ;

4) интерактивный режим должен включать в себя инструментальные средства, обеспечивающие пользователю максимальную свободу принятия решений и программирование любой технологии резки. В набор команд подсистемы назначения маршрута резки должны входить, в частности, следующие функции :

- определение начальной позиции резака (точки врезки) ;
- выбор предварительно определенного резака ;
- задание размера для предварительно неопределенного резака или пуансона ;
- включение/выключение лазера, плазмотрона или газовой резки ;
- поднятие/опускание резака ;
- задание величины горизонтальной рабочей скорости ;
- задание маршевой скорости (быстрого хода) ;
- переключение с рабочей скорости на маршевую и обратно;
- перемещение резака через серию абсолютных позиций;
- задание направления обработки контура по/против часовой стрелки;
- задание подхода к контуру детали и отхода от него по прямой или по дуге;
- резка по контуру детали между точно определенной начальной и конечной позициями;
- резка по полному контуру детали ;
- команды управления коррекцией на радиус инструмента.

Также, как и в модуле раскроя, команды назначения маршрута резака должны быть предельно малооперационными. (Пример: команда резки по полному контуру детали в качестве параметра может содержать только указатель на конкретную деталь, задаваемый нажатием кнопки "мыши" вблизи данного контура) ;

5) как и в подсистеме раскроя, возможность программирования макропроцедур является важным и необходимым требованием к модулю назначения маршрута резки ;

6) эффективность автоматического режима назначения маршрута резки (как и всей подсистемы в целом) определяется эффективностью решения 3-х задач :

- соблюдения технологических требований резки материала ;
- минимизации количества врезов ;
- оптимизации движения холостого хода резака.

Эти задачи являются взаимно противоречивыми. Кроме того, как уже отмечалось выше, универсальных автоматических алгоритмов решения первой задачи в настоящее время не существует. Большинство известных программ "автоматической резки" решают, фактически, только последнюю (наименее сложную) задачу. Более оправданным представляется подход, основанный на "компромиссных" алгоритмах решения с приоритетом соблюдения технологических требований ;

7) большинство современных машин термической резки материала имеют возможность использования подпрограмм, поэтому подсистема назначения маршрута резки должна предусматривать такого рода возможность ;

8) подсистема назначения маршрута должна также иметь удобные инструментальные средства редактирования спроектированной последовательности команд обработки, включая моделирование процесса резки на экране в графическом режиме ("прогонку" программы) как для всей программы, так и для любой ее части, причем как вперед, так и назад. Этот факт особенно важен для эффективного редактирования последовательности, поскольку обеспечивает корректировку в любом месте программы средствами того же языка, на котором ведется проектирование, а не в текстовом редакторе на уровне языка МТР , как это реализовано в большинстве отечественных САПР управляющих программ.

3.3.2.7. Требования к постпроцессору.

1) Постпроцессор предназначен для преобразования информации об управляющей программе из внутреннего формата системы (CLDATA) в формат команд системы ЧПУ для конкретной МТР ;

2) существуют два подхода к разработке постпроцессоров :

- создание универсального постпроцессора, т.е. программы, которая "настраивается" на конкретный тип системы числового управления посредством специального конфигурационного файла или набора параметров ("паспорта" ЧПУ) ;
- разработка отдельных программ-постпроцессоров для каждого типа ЧПУ в отдельности.

Оба эти подхода "имеют право на существование" и одинаково часто используются разработчиками и пользователями САПР. Достоинством универсального постпроцессора является простота создания "новых" постпроцессоров, а также возможность их создания пользователем -непрограммистом. К недостаткам универсального постпроцессора относится его "неуниверсальность", т.к. "паспорт" ЧПУ не всегда позволяет учесть все нюансы системы управления конкретной машины и, как следствие, требует некоторой корректировки полученной управляющей программы в формате команд МТР.

3.3.2.8 Требования к модулю вывода управляющей программы на носитель для ввода в МТР и к выводу результатов проектирования на бумажные носители.

1) модуль вывода управляющей программы для ввода в МТР выполняет заключительную функцию САПР раскроя материала и подготовки управляющих программ. Его функциональные особенности определяются носителем информации, используемым для ввода программы в МТР (см. п.3.1) ;

2) для повышения универсальности этого программного модуля желательно предусмотреть возможность вывода управляющей программы в различных кодах : ISO, EAI, ASCII и т.п. Пользователь также должен иметь возможность определить собственную кодовую таблицу ;

3) требования к программному обеспечению для печати информации о результатах проектирования существенным образом зависят от потребностей конкретного пользователя. К инвариантным частям программ печати следует отнести модуль вывода графической информации о спроектированной раскройной карте и маршруте резки на принтер. Желательно, чтобы данный модуль мог обеспечивать вывод необходимой информации на наиболее распространенные типы матричных, струйных и лазерных принтеров. В случае отсутствия такой возможности следует предусмотреть перекодировку получаемой графической информации в формат используемого на предприятии стандартного графического редактора типа AUTOCAD, который обладает необходимым набором драйверов для принтеров. То же самое касается и возможности вывода графических результатов проектирования на плоттер.

Всем вышеперечисленным требованиям удовлетворяет САПР "Сириус".

3.4. Сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования раскроя промышленных материалов и подготовки управляющих программ для технологического оборудования резки металла.

Если провести сравнительный анализ САПР "СИРИУС" и зарубежных CAD/CAM систем аналогичного типа, то можно сделать следующие выводы:

1) зарубежные системы автоматизации проектирования (CAD/CAM системы), ориентированные на оптимизацию раскроя промышленных материалов и подготовку управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, поставляются , как

правило, на российский рынок вместе с соответствующим технологическим оборудованием и являются узкоспециализированными.

(Например: система "COLUMBUS" (Германия) продается вместе с машинами термической резки материала фирмы "ESAB", система "CONSULT"(Болгария) - с лазерными комплексами "HEBER", системы "TOPS", "METROCAD"(Германия) - с лазер(плазма)прессами фирмы "TRUMPF" и т.д.);

2) цены на эти системы чрезвычайно высоки: до 20-30 тысяч долларов США за одну копию программного обеспечения. Кроме того, весьма затруднена адаптация систем применительно к различным условиям российских заказчиков ;

3) САПР "СИРИУС" обладает более эффективным модулем оптимизации раскроя и более широким охватом различных раскройных задач ;

4) большинство зарубежных систем в отличии от САПР "СИРИУС" имеют версии, способные работать на "рабочих станциях".

Что касается отечественных разработок , то можно назвать 3 наиболее известных аналога САПР "СИРИУС":

- ИНТЕХ-Р (г.Одесса);
- САПР-Р (г.Тверь);
- NESTOR(г.Санкт-Петербург).

Наибольшее распространение в России имеет система ИНТЕХ-Р, которая первоначально разрабатывалась для автоматизации подготовки управляющих программ для одесских "Комет", и сегодня подавляющее количество пользователей САПР ИНТЕХ-Р именно для этих целей ее и используют.

Разработчики системы в настоящее время "отошли от дел". Продажей, поддержкой и развитием САПР ИНТЕХ-Р занимается АО "АСКОН"(г.Санкт-Петербург).

Тверская разработка (САПР-Р) сравнительно активно покупалась в начале 90-х годов машиностроительными предприятиями европейской части России, однако, в последнее время информации о ее поддержке и развитии нет.

Система NESTOR еще не получила сколько-нибудь широкого внедрения. Ее разработчики занимались в свое время созданием систем оптимального раскроя для судостроения еще на ЕС ЭВМ. Насколько конкурентноспособной будет САПР NESTOR(а ее дистрибьютером является уже упоминавшаяся неоднократно фирма ВЕЕ PITRON) покажет время.

Дабы избежать субъективизма в технических оценках при сравнительном анализе САПР "СИРИУС" с указанными системами переадресуем его пользователям.

Тем не менее, заканчивая этот краткий раздел, можно отметить, что САПР "СИРИУС" при соответствующей доработке может стать базовой системой для создания конкурентноспособной (в том числе и по отношению к лучшим зарубежным разработкам) компьютерной технологии автоматизации проектирования раскроя промышленных материалов.

Как показывает опыт, внедрение такого рода технологий в промышленности позволяет:

1. На раскройно-заготовительном этапе производства сократить расходы материала минимум на 10-15% ;
2. Сократить сроки подготовки управляющих программ для машин термической резки материала и лазер(плазма)прессов в 20-100 раз ;
3. При термической резке металла машинами с ЧПУ минимизировать расход газа, электроэнергии, других расходных материалов и уменьшить износ технологического оборудования резки;
4. Повысить качество получаемой продукции.

Заключение.

Потребности современного производства диктуют необходимость глобального использования информационных компьютерных технологий на всех этапах жизненного цикла изделия: от предпроектных исследований до утилизации изделия. Основу информационных технологий в проектировании и производстве сложных объектов и изделий составляют сегодня полномасштабные полнофункциональные промышленные САПР (CAD/CAM/CAE - системы). Активное использование во всем мире “легких” и “средних” САПР на персональных компьютерах для подготовки чертежной документации и управляющих программ для станков с ЧПУ и сближение возможностей персональных компьютеров и “рабочих станций” в автоматизации проектирования подготовило две тенденции в разработке и использовании САПР, которые наблюдаются в последнее время:

- применение полномасштабных САПР в различных отраслях промышленности для проектирования и производства изделий различной сложности;
- интеграция САПР с другими информационными технологиями.

Эти тенденции позволяют говорить, что уже в самом ближайшем будущем эффективность производства будет во многом определяться эффективностью использования на предприятиях промышленных САПР.

Литература.

1. В.П.Корячко.,В.М.Курейчик,И.П.Норенков.Теоретические основы САПР: учебник для вузов.-М.:Энергоатомиздат,1987.
2. Разработка САПР.В 10-ти кн.Под редакцией А.В.Петрова.-М.:Высш. шк.,1990.
3. «Графика и САПР», NN 1-4,1998.
4. Б.Хокс. Автоматизированное проектирование и производство.-М.:Мир,1991.
5. Гамберг В.Я., Кротов В.И., Петунин А.А. Система автоматизированного проектирования раскроя материалов и автоматизация раскроя металлопроката на базе машин с ЧПУ для термической резки металла.- “ТИТАН”, ВИЛС,1993,N2.
6. Материалы 4-го всероссийского семинара: “Современные системы автоматизации конструкторского и технологического проектирования”. М.:Изд. МАИ,1995.
7. “КомпьютерМен”, N6. 1996. -Екатеринбург: изд.”Комсомольская Правда-Урал”.
8. «Компьютер Пресс», NN“1-12,1997 - ISSN 0868-6157.