## Урок 26. Введение в системы автоматического проектирования.

Применение математических методов и ЭВМ при проектировании способствует повышению технического уровня и качества проектируемых объектов, сокращению сроков разработки и освоения их в производстве. Автоматизация проектирования особенно эффективна, когда от автоматизации выполнения отдельных инженерных расчетов переходят к комплексной автоматизации, создавая для этой цели системы автоматизированного проектирования (САПР).

При создании САПР различают два подхода: с одной стороны - создание САПР в крупных, ведущих проектных и конструкторских организациях, а с другой - широкое распространение типовых расчетов, алгоритмов и программ в средних и заводских проектно-конструкторских организациях.

Возможность широко распространять в проектных организациях наиболее прогрессивные, а также типовые и стандартные методы расчетов, различные нормативные и справочные данные предопределяют высокую эффективность САПР .

**Классификация САПР**

 Современные САПР сильно различаются и по назначению, и по возможностям, и по составу, и качеству применяемых средств автоматизации. Чтобы их различать, применять, оценивать, САПР как сложное изделие, классифицируют [9, 37, 34]. Классификация создает условия для разработки технически обоснованных норм обеспечения процесса создания, функционирования и стандартизации в области САПР.

Системы классифицируют по общим характеристикам, определяющим взаимодействие САПР как единого целого; по программным характеристикам и по отдельным особенностям программных решений; по техническим характеристикам, определяющим особенности используемых в САПР средств вычислительной техники и периферийного оборудования; по эргономическим характеристикам, оценивающим эффективность взаимодействия пользователя с программно-техническими средствами САПР; по экономическим эффектам от внедрения конкретной САПР.

Рассмотрим некоторые из них.

**По поддержке трехмерного моделирования САПР различают:**

* двумерные системы;
* трехмерные каркасные;
* трехмерные, с удалением скрытых линий;
* трехмерные, со светотеневой раскраской;
* трехмерные, с фотореалистическим отображением.

**По характеру базовой подсистемы бывают:**

* САПР на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования. Эти САПР ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является конструирование, т.е. определение пространствен­ных форм и взаимного расположения объектов. К этой группе систем относится большинство САПР в области машиностроения, построенных на базе графических ядер.
* САПР на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчетах перерабатывается большой объем данных. Такие САПР преимущественно встречаются в технико-эко­номических приложениях.
* САПР на базе конкретного прикладного пакета.Фактически это авто­номно используемые программно-методические комплексы (ПМК), например, имитационного моделирования производственных процессов, расчета прочности, синтеза и анализа систем автоматического управления и т.п. Примерами могут служить программы проектирования на базе математического пакета MathCAD или Matlab.
* Комплексные (интегрированные) САПР, состоящие из совокупности подсистем предыдущих видов. Характерными примерами комплексных САПР валяются CAE/CAD/CAM-системы в машиностроении.

В зависимости от уровня обслуживания производственных процессов на предприятии АС, САПР или их составная часть (подсистемы) могут быть отнесены к различным классам:

Класс *A*: системы (подсистемы) управления технологическими объектами и/или процессами. К этому классу и относятся САПР .

* Объектами контроля и управления таких систем выступают: технологическое оборудование; датчики; исполнительные устройства и механизмы.

В качестве классических примеров систем класса A можно считать:

* SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерский контроль и накопление данных) для выполнения диспетчерских функций (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов);
* DCS - Distributed Control Systems (распределенные системы управления);
* Batch Control - системы последовательного управления;
* АСУ ТП - Автоматизированные Системы Управления Технологическими Процессами.

Класс *B*: системы (подсистемы) подготовки и учета производственной деятельности предприятия - это системы (подсистемы) подготовки и учета производственной деятельности предприятия. Системы класса *B* предназначены для выполнения класса задач, требующих непосредственного участия человека для принятия оперативных (тактических) решений, оказывающих влияние на ограниченный круг видов деятельности или небольшой период работы предприятия. В некотором смысле к таким системам принято относить те, которые находятся на уровне технологического процесса, но с технологией напрямую не связаны.

В перечень основных функций систем (подсистем) данного класса можно включить:

* выполнение учетных задач, возникающих в деятельности предприятия;
* сбор, предварительную подготовку данных, поступающих в АС из систем класса *A*, и их передачу в системы класса *C*;
* подготовку данных и заданий для автоматического исполнения задач системами класса *A*.

С учетом прикладных функций этот список можно продолжить следующими пунктами:

* управление производственными и человеческими ресурсами в рамках принятого технологического процесса;
* планирование и контроль последовательности операций единого технологического процесса;
* управление качеством продукции;
* управление хранением исходных материалов и произведенной продукции по технологическим подразделениям;
* управление техническим обслуживанием и ремонтом.

Эти системы, как правило, имеют следующие характерные признаки и свойства:

* наличие взаимодействия с управляющим субъектом (персоналом), при выполнении стоящих перед ними задач;
* интерактивность обработки информации;
* небольшой длительностью обработки данных, колеблющейся от нескольких минут до несколько часов или суток;
* наличием существенных временных и параметрических зависимостей (корреляций) между обрабатываемыми данными;
* система оказывает влияние на ограниченный круг работ и видов деятельности предприятия;
* система оказывает влияние на небольшой период работы предприятия (в пределах от месяца до полугода);
* наличием сопряжения с системами класса *A* и/или *C*.

Классическими примерами систем класса *B* можно считать:

* MES - Manufacturing Execution Systems (система управления производством или исполнительная производственная система); системы MES ориентированы на решение оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом;
* MRP - Material Requirements Planning (системы планирования потребностей в материалах);
* MRP 2 - Manufacturing Resource Planning (системы планирования ресурсов производства); системы MRP-2 ориентированы, главным образом, на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством;
* CRP - Сomputing Resource Planning (система планирования производственных мощностей)

Класс *C*: системы (подсистемы) планирования и анализа производственной деятельности предприятия − это системы (подсистемы) планирования и анализа производственной деятельности предприятия. Они предназначены для выполнения класса задач, требующих непосредственного участия человека для принятия стратегических решений, оказывающих влияние на деятельность предприятия в целом.

В круг задач решаемых системами (подсистемами) данного класса можно включить:

* анализ деятельности предприятия на основе данных и информации, поступающей из систем класса *B*;
* планирование деятельности предприятия;
* регулирование глобальных параметров работы предприятия;
* планирование и распределение ресурсов предприятия;
* подготовку производственных заданий и контроль их исполнения;
* наличие взаимодействия с управляющим субъектом (персоналом), при выполнении стоящих перед ними задач;
* интерактивность обработки информации;
* повышенной длительностью обработки данных, колеблющейся от нескольких минут до несколько часов или суток;
* длительным периодом принятия управляющего решения;
* наличием существенных временных и параметрических зависимостей (корреляций) между обрабатываемыми данными;
* система оказывает влияние на деятельность предприятия в целом;
* система оказывает влияние на значительный период работы предприятия (от полугода до нескольких лет);
* наличием непосредственного сопряжения с системами класса *B*.

Классическими представителями систем класса *С* можно считать: автоматизированные системы управления предприятием (АСУП) и автоматизированные системами управления технологическими процессами (АСУТП). К АСУП относятся системы планирования и управления предприятием ERP (Enterprise Resource Planning - Планирование Ресурсов Предприятия); Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т. п.; IRP - Intelligent Resource Planning (системами интеллектуального планирования); АСУП; EIS.

**САПР как объект проектирования**

Система автоматизированного проектирования (САПР) – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющий автоматизированное проектирование.

При создании и/или приобретении САПР и их составных частей необходимо руководствоваться следующими принципами:

* системного единства;
* совместимости;
* типизации;
* развития.

Принцип системного единства обеспечивает целостность системы и иерархичность проектирования отдельных частей и объекта в целом.

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

Принцип типизации предусматривает разработку и использование типовых и унифицированных элементов САПР . Типизируют элементы, имеющие перспективу многократного использования.

Принцип развития дает возможность пополнения, совершенствования и обновления составных частей САПР

Современные САПР базируются на новых информационных технологиях (ИТ). Вследствие этого для них характерен ряд признаков:

* Объектно-ориентированное взаимодействие человека и ПК.Пользовательработает в режиме манипулирования изображениями заготовок, деталей, сборочных единиц, со схемами, текстом и т.д. в реальном времени. В основу манипулирования заложено программирование соответствующих процедур, выполняемых ПК. Человек видит информационные объекты, получаемые посредством средств вывода информации, и воздействует на них за счет средств ввода информации.
* Сквозная информационная поддержка на всех этапах обработки информации на основе интегрированной базы данных (БД). БД предусматривает единую унифицированную форму представления, хранения, поиска, отображения, восстановления и защиты информации.
* Безбумажный процесс обработки информации. Все промежуточные варианты и необходимые численные данные записываются на машинных носителях и доводятся до пользователя через экран монитора. На бумаге фиксируется только окончательный вариант документа: технологическая карта, карта эскизов и т.д.
* Интерактивный режим решения задач, выполняемый в режиме диалога пользователя и ПК.

**Процесс создания САПР**

Создание и развитие САПР осуществляется самой проектной организацией с привлечением (при необходимости) других организации-соисполнителей, в том числе научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений.

Процесс создания САПР включает в себя восемь стадий: предпроектные исследования, техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочий проект, изготовление, отладка и испытание, ввод в действие.

Предпроектные исследования проводятся для выявления готовности конкретной проектной организации к внедрению автоматизированных методов. Основу этой работы составляет системное обследование объекта проектирования и используемых в инженерной практике традиционных методов и приемов проектирования, а также объема технической документации, разрабатываемой в процессе проектирования. Процесс обследования осуществляется главным образом опросом опытных проектировщиков и конструкторов.

В результате обследования определяется необходимость и экономическая эффективность создания автоматизированной системы. При этом учитывается объем проектно-конструкторских работ, их периодичность, общие затраты инженерного труда, возможность создания адекватного математического описания и оптимизационных процедур, необходимость повышения качественных показателей проектируемого изделия, сокращение сроков проектирования.

Техническое задание (ТЗ) является исходным документом для создания САПР и должно содержать наиболее полные исходные данные и требования. Этот документ разрабатывает головной разработчик системы. ТЗ на создание САПР должно содержать следующие основные разделы:

* «Наименование и область применения», где указывают полное наименование системы и краткую характеристику области ее применения;
* «Основание для создания», где указывают наименование директивных документов, на основании которых создается САПР;
* «Характеристика объектов проектирования», где приводят сведения о назначении, составе, условиях применения объектов проектирования;
* «Цель и назначение», где перечисляют цель создания САПР, ее назначение и критерий эффективности ее функционирования;
* «Характеристика процесса проектирования», где приводят общее описание процесса проектирования, требования к входным и выходным данным, а также требования по разделению проектных процедур (операций), выполняемых с помощью неавтоматизированного и автоматизированного проектирования;
* «Требования к САПР», где перечисляют требования к САПР в целом и к составу ее подсистем, к применению в составе САПР ранее созданных подсистем и компонентов и т.п.;
* «Технико-экономические показатели», где оценивают затраты на создание САПР, указывают источники получения экономии и ожидаемую эффективность от применения САПР.

На стадиях технического предложения, эскизного и рабочего проектирования выбираются и обосновываются варианты САПР, разрабатываются окончательные решения. При этом выполняются следующие основные виды работ :

* выявление процесса проектирования (его алгоритм), т.е. принятие основных технических решений;
* разработка структуры САПР и ее взаимосвязи с другими системами (определение состава проектных процедур и операций по подсистемам; уточнение состава подсистем и взаимосвязи между ними; разработка схемы функционирования САПР в целом);
* определение состава методов, математических моделей для проектных операций и процедур; состава языков проектирования; состава информации (объем, способы ее организации и виды машинных носителей информации); состава общего, специализированного общего и специального программного обеспечения;
* формирование состава технических средств (ПК, периферийные устройства и другие элементы);
* принятие решений по математическому, информационному, программному и техническому видам обеспечения по САПР в целом и отдельно по подсистемам;
* расчет технико-экономических показателей САПР.

Оформление всей документации, необходимой для создания и функционирования САПР, выполняют на стадии рабочего проектирования.

На стадии изготовления, отладки и испытания производят монтаж, наладку и испытание комплекса технических средств автоматизации проектирования, на тестовых примерах доводят программное обеспечение и подготавливают проектную организацию к вводу в действие САПР.

Ввод в действие системы осуществляют после опытного функционирования и приемочных испытаний у заказчика.

Расчет экономической эффективности САПР позволяет:

* установить необходимость и целесообразность автоматизации проектирования конкретных объектов (объектами проектирования могут быть изделия, оборудование, машины, аппараты, системы, материалы, технологические процессы, здания, сооружения и т.п.);
* определить основные сферы и источники экономии от автоматизации проектирования;
* определить объем и очередность автоматизации задач проектирования объекта;
* выбрать наиболее рациональный вариант системы и все виды обеспечения САПР;
* определить оптимальный состав методов и средств автоматизации проектирования в условиях конкретного предприятия;
* оценить объем требуемых капитальных затрат на создание и внедрение САПР;
* определить показатели, характеризующие влияние САПР на качество проектных решений и деятельность проектной, проектно-конструкторской, технологической организации и промышленного предприятия;
* рассчитать ожидаемую экономию текущих затрат и снижение себестоимости выпускаемой продукции;
* определить годовой экономический эффект (годовую экономию приведенных затрат), т.е. разницу между годовой экономией на себестоимости продукции и капитальными затратами на внедрение САПР, пересчитанными на год с помощью нормативного коэффициента сравнительной экономической эффективности;
* оценить срок окупаемости САПР или сравнить расчетный коэффициент экономической эффективности с установленными нормативами;
* обеспечить сравнение экономической эффективности САПР с эффективностями других автоматизированных систем.

Эффективность САПР и процесса создания систем автоматизации достигается за счет следующих факторов:

* достижения системного единства автоматизации всех составляющих процесса (проектирование – конструирование - технологическая подготовка производства);
* обеспечения аппаратной и программной совместимости САПР и их элементов;
* обеспечения возможности модификации систем;
* создания унифицированных и стандартизованных модулей, узлов, элементов и операций;
* создания и использования единой унифицированной информационной базы САПР;
* применения унифицированного математического обеспечения, операционных систем, СУБД, систем САD/CAM/CAE и т.п.

Применительно к сфере автоматизации проектирования можно выделить следующие основные источники экономической эффективности САПР:

* рост производительности труда проектировщиков, конструкторов и технологов;
* повышение качества проектирования объектов, технологических процессов и выпускаемой документации;
* экономии производственных ресурсов, к которым относится живой труд, сырье, материалы, топливо, энергия, капитальные вложения в производственные фонды.