

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных функций современного инженера является проектирование объектов того или иного назначения. И поскольку автоматизация проектно-конструкторских работ является одним из основных направлений научно-технического развития на современной этапе и связана с повышением эффективности процессов разработки технических изделий, современный инженер - специалист по ЭВМ - должен владеть вопросами организации и функционирования современных систем автоматизированного проектирования.

Дисциплина имеет целью дать студентам знания в области организации и функционирования современных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, привить навыки работы с системами автоматизированного проектирования печатных плат.

Исходя из поставленной цели, задачами дисциплины является-

- ознакомление с теоретическими основами автоматизации проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА);
- изучение основных видов обеспечения систем автоматизированного проектирования РЭА;
- изучение структуры технических средств автоматизированных рабочих мест (АРМ) проектировщика;
- изучение вснсовых принципов построения математических моделей объектов проектирования в САПР на основе использования элементов теории графов;
- изучение глобальных проектных процедур многовариантного анализа технических решений в САПР;
- изучение основных аспектов автоматизации проектных процедур параметрического и структурного синтеза технических решений;
- изучение алгоритмов автоматизации проектных опрганизаций конструкторского этапа проектирования РЭА (алгоритмы покрытия, типизации, компоновки, размещения и трассировки);
- получение практических навыков работа с системой автоматизированного проектирования печатных плат PCAD.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать: .

- назначение и функциональные возможности современных систем автоматизированного проектирования (САПР);
- принципы организации современных САПР;
- проектные задачи, решаемые современными системами автоматизированного проектирования;
- состав и назначение автоматизированных рабочих мест проектировщика (АРМ-П);
- основные алгоритмы решения задач конструкторского проектирования радиоэлектронной аппаратуры с применением ЭВМ:

Для изучения дисциплины необходимо знание дисциплин:

- "Основы теории систем";
- "Математические модели и расчеты на ЭВМ";
- "Моделирование систем ГА";
- "Схемотехника";
- "Основы проектирования ЭВМ".

Дисциплина "Основы АРМ, САПР и АСНИ" является дисциплиной специализации по эксплуатации вычислительных машин, комплексов, систем и сетей в плане подготовки инженеров по специальности 2201.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Корячко В.П., Курейчик В.И., Норенков И.П. Теоретический основы САПР. М.: Энергоиздат, 1987.
2. Дендобренко Б.Н., Малика А.С. Автоматизация конструирования РЭА М.: Высш. шк., 1990.
3. Авдеев Е.В., Еремин А.П., Норенков И.П., Песков И.И. Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике. Справочник. М.: Радио и связь, 1986
4. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР. Учебник для вузов. М.: Радио и связь, 1990
5. Вермишев Ю.Х. Основы автоматизации проектирования. М.: Радио и связь, 1988.

Дополнительная

- 1 Курейчик В. М., Глушань В.М, Щербаков Л И "Комбинаторные аппаратные модели и алгоритмы в САПР " М.: Радио и связь, 1990
- 2.Морозов К.К., Одинокоев В. Г . , Курейчик В. М. "Автоматизированное проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь.,1983
3. Системы автоматизированного проектирования. В 9-ти книгах /Под ред. И.П.Норенкова. М.: Высш. шк. 1986

ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Общая характеристика САПР

Процесс проектирования представляем собой комплекс работ по изысканиям, исследованию, расчетам и конструированию, имеющих целью получение описания, необходимого и достаточного для создания нового изделия или реализации нового процесса, удовлетворяющих заданным требованиям. Это описание получается в результате преобразований некоторого первичного описания, представленного в виде технического задания (ТЗ). Таким образом, рассматриваемый процесс проектирования, как задача формирования наиболее обоснованного проекта, является частью жизненного цикла создания изделия, занимая место между процессом формирования технического задания на проектирование и процессом изготовления конкретного образца (технологической подготовкой производства).

В результате проектирования некоторого объекта формируется проектное решение или совокупность проектных решений, представленных на выходном языке, удовлетворяющих заданным требованиям и необходимых для создания объекта проектирования. Проектные решения оформляются в виде проектных документов, совокупность которых составляет полный результат проектирования - проект.

Рассматривая структуру процесса проектирования РЭА выделяют типичную последовательность выполнения его этапов:

- системный (системотехнический): формирование структурной схемы и определение системных параметров проектируемого устройства;
- функциональный (схемотехнический): формирование функциональных схем отдельных узлов, входящих в состав структурной схемы, полученной на первом этапе;
- конструкторский: проектирование конструкции устройства на основе сформированных на втором этапе проектирования функциональных схем;
- технологический: определение методов и средств изготовления спроектированной конструкции.

Автоматизированное проектирование связывают с использованием вычислительных средств и методов для выполнения проектных работ при рациональном использовании творческих способностей человека и вычислительных возможностей ЭВМ

Рассмотрим основные задачи этапов проектирования и возможности их формализации.

Задачи системного этапа проектирования являются трудноформализуемыми, поэтому на этом этапе, в основном, используются творческие возможности разработчиков. Вычислительные машины на этом этапе применяются для просмотра различных вариантов системных решений, принимаемых разработчиком. С этой целью, на основе методов системного анализа создаются имитационные и аналитические модели, описывающие взаимосвязь и взаимодействие отдельных блоков проектируемого устройства.

Схемотехнический этап проектирования включает три проектные операции:

- логическое проектирование функциональной схемы;
- моделирование ее работы;
- выработка диагностических тестов. Задачи САПР на этом этапе заключаются в автоматизированном формировании математической модели объекта на основе спроектированной функциональной схемы и анализе ее работы при различных входных условиях.

Одним из важнейших этапов проектирования, обеспечивающих выпуск необходимой проектной конструкторско-технологической документация для изготовления и эксплуатации РЭА, является конструкторский этап. Исходной информацией для этого этапа служит функциональная схема проектируемой системы или устройства. Основными задачами, решаемыми средствами автоматизированного проектирования на этом этапе, являются.

- задачи покрытия и типизации, заключающиеся в эквивалентном преобразовании

функциональной схемы разрабатываемого устройства в схему соединений конструктивных элементов (микросхем, модулей, полупроводниковых и гибридных БИС и т.п.);

- задача компоновки, состоящая в распределении полученных в результате решения первой задачи конструктивных элементов 1-го уровня иерархии между конструктивными модулями (i+1)-го уровня иерархии (напр., распределения микросхем между типовыми конструктивами печатных плат);

- задача размещения конструктивных элементов внутри конструктива следующего иерархического уровня, в состав которого эти элементы были включены в результате решения задачи компоновки;

- задача трассировки монтажных соединений между размещенными конструктивными элементами.

С автоматизацией технологического этапа проектирования связаны три основных задачи,

- проектирование технологических процессов;

- проектирование технологической оснастки;

- проектирование управляющих технологических программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ).

Опыт создания средств автоматизированного проектирования показывает, что имеются две основные группы факторов, определяющие их широкое использование. Первая группа связана с совершенствованием методов проектирования на основе автоматизации процесса математического моделирования и процедуры поиска решений. Вторая группа связана с заменой наиболее трудоемких рутинных проектных работ (к числу которых относятся работы по формированию и выпуску конструкторской и технологической документации) формальными программными процедурами.

Основными требованиями, предъявляемыми к современным САПР, являются:

1. Простой доступ пользователя к САПР.
2. Прямой доступ пользователя к САПР.
3. Универсальность программного обеспечения САПР.
4. Возможность адаптации САПР к условиям проектирования.
5. Связь САПР с производством.

По уровню автоматизации проектных работ САПР подразделяются на автоматические и автоматизированные. Уровень автоматизации проектных работ определяется составом и содержанием проектных процедур, реализуемых программными средствами системы.

Под автоматическим проектированием понимается такой уровень процесса проектирования, при котором оценка и выбор технических решений осуществляются программными процедурами на основе исходных требований, сформулированных проектировщиком. В этом случае автоматически решается задача синтеза технических решений.

Под автоматизированным проектированием понимается такой уровень выполнения проектных работ, при котором выбор решения осуществляет человек, а оценка решений производится программно. В этом случае программно решается задача анализа технического решения на основе математического моделирования.

2 Структура САПР

2.1. Типовые вычислительные процессы в САПР

Согласно ГОСТ, система автоматизированного проектирования представляет собой организационно-техническую систему, состоящую из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с подразделениями проектной организации, и выполняющую автоматизированное проектирование.

Структура типовой САПР имеет вид, приведенный на рис. 2.1. Вычислительные процессы, реализуемые такой САПР, определяются последовательностью выполнения операций ее программными блоками и информационным обменом между этими программными блоками, хранилищами данных и пользователем.

Для типовой САПР характерны два основных вычислительных процесса.

Первый (подготовительный) процесс, связанный с формированием библиотеки базовых элементов, показан на рис. 2.2.

Второй (основной) процесс связан с выполнением проектных работ и, как правило, включает пять этапов:

- формальная отладка задания на проектирование (рис. 2.3);
- формирование структуры информационной модели (рис. 2.4);
- собственно проектирование (рис. 2.4);
- формирование документации (рис. 2.5);
- выпуск технической документации (рис. 2.6).

2.2. Комплекс средств автоматизации проектирования

Комплекс средств автоматизации проектирования включает в себя совокупность различных видов обеспечения автоматизированного проектирования (АП), необходимых для его выполнения.

Различает следующие виды обеспечения САПР.

Техническое обеспечение представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, предназначенных для ввода, хранения, переработки и вывода информации о проектируемом объекте, организации общения человека с ЭВМ, из готовления проектной документации.

Программное обеспечение включает в себя программы для организации функционирования технических средств, программы, реализующие алгоритмы решения проектных задач, и программную документацию, обеспечивающую эксплуатацию программных подсистем САПР.

Математическое обеспечение объединяет в себе математические методы и алгоритмы решения проектных задач, а также математические модели проектируемых объектов, используемые при автоматизированном проектировании.

Лингвистическое обеспечение САПР определяет типовой состав языков, необходимых для ее функционирования, а также взаимодействия с ней пользователя.

Информационное обеспечение - это совокупность представленных в заданной форме данных, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования.

Методическое обеспечение включает в себя документы, в которых отражены состав и правила отбора и эксплуатации средств автоматизированного проектирования.

Организационное обеспечение представляет собой совокупность документов, устанавливающих состав проектной организации и ее подразделений, их функции, а также связи между ними и комплексом средств автоматизации проектирования.

В следующих разделах рассматриваются основные виды обеспечения САПР более подробно.

2.2.1. Лингвистическое обеспечение

Лингвистическое обеспечение типовой САПР (рис. 2.1) объединяет языки проектирования, языки программирования и языки управления и служат для представления информации внутри САПР, а также для взаимодействия с ней пользователя.

Средства лингвистики САПР включают в себя три группы языков проектирования:

- языки пользователя, предназначенные для его взаимодействия с системой и служащие для описания объекта проектирования (ОП);
- языки внутреннего представления данных, предназначенные для описания информационной модели объекта проектирования и представления информации в базе данных САПР;
- языки машинного архива, предназначенные для хранения графической и текстовой документации по спроектированному объекту.

Языки программирования САПР служат для разработки и редактирования программного обеспечения САПР и могут быть любыми из известных языков программирования высокого или низкого уровня.

Языки управления связывают САПР со стандартными вспомогательными подсистемами САПР, такими как подсистемы машинной графики, СУБД и т.п., и имеют форму, определяемую соответствующей стандартной программной подсистемой.

Языки управления связывают САПР со стандартными вспомогательными подсистемами САПР, такими как подсистемы машинной графики, СУБД и т.п., и имеют форму, определяемую соответствующей стандартной программной подсистемой.

2.2.2. Информационное обеспечение САПР

Типовыми структурными единицами информационного обеспечения САПР являются три

группы хранилищ информации, каждое из которых имеет свои программные средства управления и языки представления данных, и в совокупности образующие базу данных САПР (рис.

2.1).

Первым (постоянным) хранилищем данных САПР является библиотека базовых элементов, в состав которой входят:

- описание моделей элементов различного целевого назначения и уровней интеграции;
- описание форматов документов;
- технологические данные;
- различная нормативно-справочная информация. Вторым (временным) хранилищем информации является рабочий массив с информационной моделью, предназначенный для хранения структуры объекта проектирования, описанной в словаре библиотеки базовых элементов, на различных стадиях его создания. Информационная модель служит для формирования математических моделей, используемых в различных проектных процедурах САПР.

Третьим (долговременным) хранилищем информации является архив документации по спроектированному объекту.

2.2.3. Техническое обеспечение САПР

Техническое обеспечение САПР (рис.2.7) базируется на автоматизированных рабочих местах конструктора (АРМ-К), которые являются диалоговыми графическими комплексами проектирования, предназначенными для автоматизации решения конструкторских задач, а также операций по подготовке, преобразованию и редактированию текстовой и графической информации .

- АРМ-К (рис. 2.8) используется для:
 - решения задач проектирования;
 - вывода информации на графопостроитель, принтер, графический и текстовый дисплей, фотокоординатограф и т.п.;
 - ввода информации в память САПР с клавиатуры, графических планшетов, магнитных лент и т.п.;
 - ведения диалогового режима проектирования.

Специфическими для технического обеспечения САПР являются некоторые устройства ввода графической информации (электронный планшет, световое перо» и устройства для изготовления конструктивно-технологической документации (рулонные и планшетные графопостроители, фотокоординатографы и фотоаппараты).

Различают следующие конфигурации технических средств САПР:

- автономная, однопользовательская, однопроцессорная;
- многопользовательская, однопроцессорная;
- многопользовательская, многопроцессорная;
- распределенная, многоуровневая;
- сеть автоматизированного проектирования.

2.2.4. Программное обеспечение

Программное обеспечение САПР подразделяется на общее и специальное.

Общее программное обеспечение типовой структуры САПР (рис. 2.1) включает в себя:

- программы трансляции;
- программы управления базой данных, включающие программные средства используемой стандартной СУБД;
- программы управления вычислительным процессом (монитор), включающие программные средства операционной системы, под управлением которой функционирует САПР;
- интерфейс с базой данных;
- программы формирования структуры информационной модели;
- программы формирования и выпуска документации, включающие стандартные пакеты машинной графики, геометрического моделирования и документирования, используемые в САПР;
- программы ведения архива документации.

К специальному программному обеспечению относятся программные модули проектирования, реализующие проектные процедуры САПР и определяющие, в конечном итоге, ее проблемную

ориентацию.

Рассмотрим назначение программных компонент типовой структуры САПР.

Программы трансляции осуществляют грамматический разбор и интерпретацию задания на выполнение проектных работ в САПР, включающего описание объекта проектирования и описание базовых элементов

Программы формирования структуры информационной модели развертывают оттранслированное описание объекта с использованием библиотеки базовых элементов в полный набор данных, преобразованный во внутреннее представление САПР. - рабочий массив с информационной моделью.

Программы управления базой данных САПР обеспечивают наполнение и ведение библиотек базовых элементов в режиме интерактивного взаимодействия с пользователем САПР. а также оперативный автоматический обмен данными библиотеки базовых элементов с рабочим массивом по запросам программы формирования информационной модели.

Программа "Монитор САПР" обеспечивает управление последовательностью выполнения проектных работ в соответствии с управляющими директивами пользователя.

Программы интерфейса базы данных обеспечивают перевод текста информационной модели, представленного в рабочем массиве на языке внутреннего представления данных, в форму, необходимую для программ, выполняющих проектные процедуры, и обратное преобразование результатов проектирования в форматы языка внутреннего представления данных рабочего массива.

Программы формирования документации осуществляют перевод необходимой топологической и символьной информации в геометрическую форму (с использованием стандартных средств машинной графики). форматирование полученной графическо-текстовой информации с соблюдением нормативных требований, принятых для конструкторской документации, а также ее перекодировку в форматы языка машинного архива и размещение в архиве технической документации.

Программы ведения архива документации по спроектированному объекту обеспечивают хранение, поиск и выдачу документации, сформированной в САПР.

Постпроцессоры выпуска документации предназначены для преобразования графических и символьных текстов из стандартной архивной формы, принятой в САПР. в форму, необходимую для исполнения на конкретном устройстве.

Программные модули проектирования реализуют алгоритмы решения проектных задач и подразделяются на два основных класса:

- процедуры математического моделирования, осуществляющие формирование математической модели и ее анализ для различных вариантов проектных решений;
- процедуры синтеза проектных решений, осуществляющие выбор наиболее обоснованного технического решения и. в свою очередь. подразделяющиеся на программы автоматического поиска решений (рис. 2.9 а) и программы расчета технических параметров (рис. 2.9 б).

2.2.5. Математическое обеспечение

математическое обеспечение является основным в комплексе средств автоматизации проектирования. Связано это с тем, что главным содержанием процесса проектирования является получение оптимального технического решения, поиск которого осуществляется путем оперирования математической моделью проектируемого объекта на основе специальных математических методов и алгоритмов.

Под математической моделью понимается совокупность математических объектов (чисел, переменных, векторов, множеств и т.п.) и отношений между ними, которая адекватно отображает свойства проектируемого объекта, интересующие инженера-разработчика.

Элементами обобщенной математической модели объекта проектирования (рис. 2.10.) являются:

- множество варьируемых параметров X , характеризующих свойства элементов системы;
- множество независимых параметров Y , характеризующих свойства внешней среды;
- множество выходных параметров (критериальных показателей) $G(X, Y)$, характеризующих свойства системы в целом;
- математический оператор L , под которым понимается полная система математических выражений, описывающая численные или логические соотношения между множеством входных параметров X и Y и множеством критериальных показателей $G(X, Y)$.

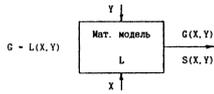


Рис. 2.10. Обобщенная математическая модель объекта проектирования

Множество варьируемых параметров образует пространство варьируемых параметров (пространство поиска решения) $R_x = \{X_i\}$, где $X_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ - вектор варьируемых параметров:

1 - номер варианта параметрического решения;

n - число варьируемых параметров.

Поскольку компонента множества Y , как правило, являются const, множество независимых параметров может быть задано вектором независимых параметров $Y = (y_1, y_2, \dots, y_h)$. Каждый элемент которого y_j характеризует j -и независимый параметр.

Выходные сигналы рассматриваемой обобщенной модели образуют метрическое пространство критериальных показателей R_G , каждая из осей которого выражает значение одного из показателей $G_j(X, Y)$. При оптимальном проектировании один из критериальных показателей переводится в ранг целевой функции $S(x, Y) \in R_G$

Множество векторов $\{G_i\}$, $i=1, n$ пространства R_G , образованных на допустимой совокупности X и Y , определяет n -мерное пространство функционирования объекта данной структуры R_G^Φ . В пространстве R_G^Φ можно выделить (отсечь) гиперплоскостями (G_{j_0}) область допустимых значений $R_G^S \in R_G^\Phi$. Точка $G^{opt} \in R_G^\Phi$, определяющая максимум или минимум целевой функции, соответствует оптимальному решению $X_0 \in R_x^0$. G_{j_0} здесь определяет численное значение ограничения для j -го критериального показателя.

Спроектировать объект - это значит определить его структуру и параметры. Поэтому математическая модель объекта проектирования в САПР строится на основе заданное проектировщиком структуры объекта и значений векторов параметров (X_i) и Y и является ядром используемых в САПР математических методов.

Математические методы, используемые в САПР, основаны на реализации двух глобальных проектных процедур: анализа и синтеза технического решения. На основе проектной процедуры анализа осуществляется оценка различных вариантов решения. При реализации проектной процедуры синтеза происходит разработка искомого объекта проектирования. Ядром выполнения глобальных проектных процедур анализа и синтеза является рассмотренная ранее математическая модель объекта проектирования.

Различают одновариантный и многовариантный анализ, структурный и параметрический синтез.

Одновариантный анализ технического решения заключается в определении вектора выходных параметров $\{G_i\}$ при заданных структуре проектируемого объекта, значениях векторов его внутренних $\{X_i\}$ и внешних Y параметров.

Многовариантный анализ заключается в определении изменения вектора $\{G_i\}$ при заданных изменениях вектора параметров $\{X_i\}$.

Параметрический синтез состоит в определении численных значений параметров элементов при заданных структуре объекта проектирования и диапазоне возможного изменения его внешних параметров.

На основе реализации проектной процедуры структурного синтеза осуществляется выбор структуры проектируемого объекта.

Формулировка задачи синтеза требует определения критериев проектирования, множества альтернатив, на котором ищется техническое решение, и среды проектирования.

Среда проектирования задается вектором независимых параметров Y .

Критерий проектирования формально в общем случае могут быть сформулированы в виде:

$$a) \quad G_j \leq G_{j_0}, j=1, r \quad (2-1)$$

$$б) \quad \text{обеспечить } \text{extr } S \text{ при } G_j \leq G_{j_0} \text{ и заданной среде функционирования} \quad (2-2)$$

Здесь G_j - критериальный показатель;

G_{j_0} - критериальное ограничение;

r - число критериев.

Поскольку техническое решение ищется на множестве структур A , которые может создать

разработчик, и на множестве точек пространства варьируемых параметров R_X , задаваемого разработчиком, общая постановка задач структурного и параметрического синтеза может быть сформулирована в виде:

Найти решение $P = \{A_o \in A, X_o \in R_X\}$, обеспечивающее

$$G_j(A_o, X_o, Y) \leq G_{j0}, j=1, r; \quad (2-3)$$

либо

$$S(A_o, X_o, Y) \rightarrow \text{extr} \text{ при } (2-4)$$

$$G_j(A_o, X_o, Y) \leq G_{j0}, j=1, r;$$

и заданной среде функционирования Y .

Согласно изложенному, техническое решение представляет собой структуру A_o и вектор X_o , найденные на множестве возможных структур и варьируемых параметров, отвечающие заданным критериям и среде функционирования объекта.

Реализация выражений (2-3) и (2-4) сводится к процедурам параметрического (рис. 2.11) и структурного синтеза (рис. 2.12). На рисунках хорошо просматривается последовательность смены процедур структурного и параметрического синтеза и отражены логические условия управления этими процедурами



Рис. 2.11. Внутренний цикл параметрического синтеза

На рис. 2.13 приведена циклограмма, отражающая изменение интересующих критериальных показателей по шагам поиска при реализации процедур структурного (ось k) и параметрического синтеза (ось l). Рисунок иллюстрирует простейший вариант такой циклограммы для однокритериальной задачи.

Синтез структуры, как правило, неформальная задача, а поэтому автоматический поиск и соответствующие постановки следует рассматривать применительно к задаче параметрического синтеза.

Возможны три постановки задачи параметрического синтеза.

1. Поиск условного экстремума:

$$\begin{aligned} &\text{extr } S(X) \text{ при } G_j(X_o) \leq G_{j0}, \\ &\text{var } X \in R_X \end{aligned} \quad (2-5)$$

2. Поиск безусловного экстремума:

$$\begin{aligned} &\text{extr-} S(X) \\ &\text{var } X \in R_X \end{aligned} \quad (2-6)$$

3. Поиск допустимого решения:

$$G_j(X_o) \leq G_{j0}, j=1, r \quad (2-7)$$

При формулировке задачи параметрического синтеза удобно придерживаться следующей последовательности действий:

1. Задается описание объекта проектирования в виде физической задачи и формальных требований к этому объекту
2. Определяется совокупность варьируемых параметров (X).
3. Задается совокупность независимых входных сигналов (Y).
4. Формируется совокупность выходных критериальных показателей (G и S), которые ставятся в соответствие исходным требованиям и на этой основе формулируется задача параметрического синтеза в одной из рассмотренных выше постановок.

5. С учетом рассмотренных атрибутов строится математическая модель проектируемого объекта.

Подобная формальная постановка задачи позволяет далее сформировать процесс синтеза решений на основе стандартных процедур поиска.

В качестве примера постановки задачи параметрического синтеза можно привести постановку задачи синтеза параметров гермокожуха (рис. 2.14).

1. Объектом проектирования является гермокожух, предназначенный для поддержания постоянного давления, необходимого для нормального функционирования РЭА на различных

высотах полета. Для этого на всех гранях гермокожуха расположены ребра жесткости, имеющие параметры:

d_i - толщина:

h_i - высота:

a_i - шаг размещения:

n_i - число ребер;

i - индекс грани, $i=1,2,3$ - соответственно верхняя, боковая и нижняя грани:

E - модуль упругости материала:

q - удельный вес материала:

c - коэффициент Пуассона, определяющий связь между тангенциальным и нормальным напряжениями. Сам гермокожух имеет параметры:

a_x, a_y, a_z - габаритные размеры:

d - толщина стенок гермокожуха. На кожух на предельных высотах действует максимальное избыточное давление P .

Ставится задача: подбором параметров ребер жесткости обеспечить при предельном избыточном давлении прогиб стенок гермокожуха $\delta \leq \delta_{доп}$ при минимальной массе кожуха вместе с ребрами жесткости.

2. Варьируемыми параметрами являются параметры ребер жесткости h_i, a_i, d_i ($i=1,2,3$).

3. Независимыми сигналами - все остальные параметры гермокожуха.

4. Критериальные показатели:

а) $\max(\delta_i)$, т.е. максимальный прогиб, обобщенный по 1:

б) G - масса кожуха.

5. Постановка задачи синтеза параметров гермокожуха приведена на рис. 2.16. Обобщенная модель для задачи синтеза параметров гермокожуха показана на рис. 2.15.

Конкретные алгоритмы решения задач конструкторского проектирования приводятся во второй части данного пособия.

В заключение данной темы на рис. 2.17 показана обобщенная схема процесса втоматизированного проектирования.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	
Литература.....	
Программа и методические указания по темам дисциплины..	
1. Общая характеристика САПР.....	
2. Структура САПР.....	
2.1. Типовые вычислительные процессы в САПР.....	
2.2. Комплекс средств автоматизации проектирования.	
2.2.1. Лингвистическое обеспечение.....	
2.2.2. Информационное обеспечение.....	
2.2.3. Техническое обеспечение.....	
2.2.4. Программное обеспечение.....	
2.2.5. Математическое обеспечение.....	

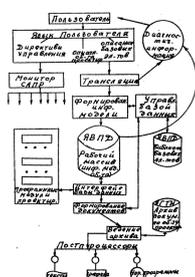


Рис.2.1. Типовая структура САПР

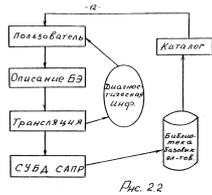


Рис. 2.2

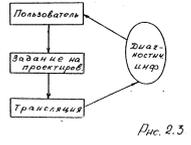


Рис. 2.3

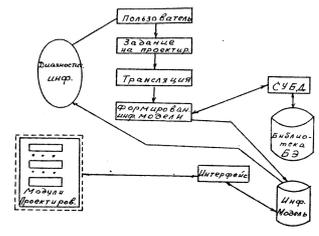


Рис.2.4

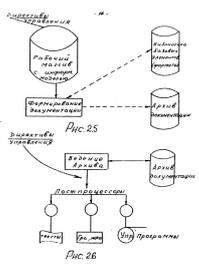


Рис.25

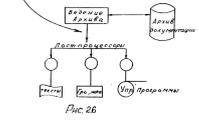


Рис.26

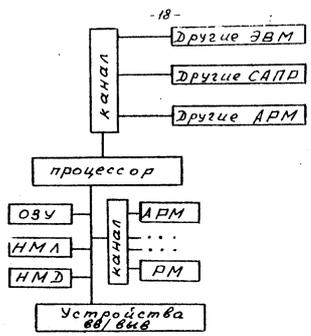


Рис. 2.7

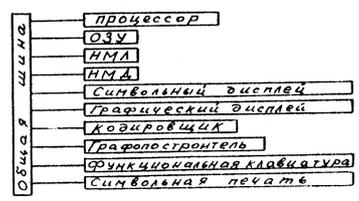
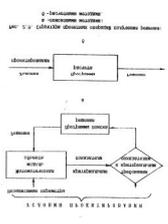


Рис.2.8



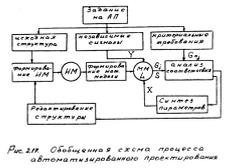
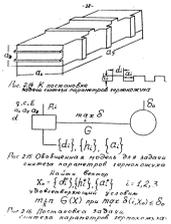
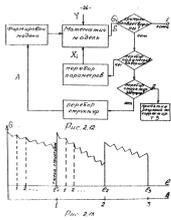


Fig. 22. Generalized scheme of the process of automated control.