

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**Лектор**

**Белов Михаил Петрович**

**к.т.н., доцент кафедры Информационно  
управляющих систем**

## **Введение**

Современные информационно управляющие системы (ИУС) имеют сложную структуру построения. При проектировании таких систем возможно применение большого количества разнообразных средств автоматизации. Поэтому на стадии проектирования необходимо синтезировать оптимальную структуру построения таких объектов управления, а также за счет соответствующих параметров средств автоматизации обеспечить требуемые динамические характеристики системы управления, а как следствие увеличение, производительности труда. В этом случае можно говорить о структурной неопределенности.

Эффективное управление конкретными объектами невозможно без оптимального структурно-параметрического синтеза, анализа и исследования систем и процессов управления.

Инструментальные программные средства, осуществляющие структурно-параметрический синтез и оптимизацию, являются неотъемлемой частью систем автоматизированного проектирования (САПР) новых поколений, точно так же как почти во всех современных САПР имеется модуль параметрического синтеза и оптимизации. Также структурно-параметрический синтез поддерживается в перспективных CASE-системах (Computer-Aided System Engineering) и в CALS-технологиях (Computer Aided Logistic System).

Современные методы структурно-параметрического синтеза позволяют уменьшить сроки проектирования, повысить эффективность проектирования.

# Задачи синтеза современных информационно управляющих систем

Целью синтеза является построение ИУС, удовлетворяющей сформулированным в техническом задании требованиям. Поэтому при проектировании ИУС синтез ИУС можно условно разбить на два этапа:

- 1) выбор структур систем, т. е. элементов и топологии причинно-следственных связей между ними, структур операторов элементов, в частности, алгоритмов управляющих устройств и значений их параметров;
- 2) параметрический синтез.

На этапе структурного синтеза кроме синтеза структуры ИУС и топологии причинно-следственных связей между подсистемами ИУС решаются также задачи синтеза: 1) управляющих воздействий; 2) компенсаторов возмущений; 3) регуляторов.

В зависимости от того, какую структуру имеет ИУС и какие технологические задачи он решает, следует различать подзадачи синтеза: 1) автономных систем; 2) отдельных каналов связи; 3) расширенных систем.

Методы синтеза ИУС можно разделить на три группы: аналитические; графические; численные.

*Аналитические методы синтеза* линейных систем обычно сводятся к действиям над полиномами, дробно-рациональными функциями, матрицами (числовыми, полиномиальными, дробно-рациональными). Наиболее часто используются алгебраические процедуры раскрытия определителей, решения систем уравнений; различных типов, определения собственных значений матриц и корней полиномов.

Недостаток аналитических методов заключается в том, что они требуют полной определенности постановок задач, не достижимой во многих практических ситуациях. Поэтому аналитические методы должны являться частью более общих процедур синтеза, строящихся как последовательное раскрытие неопределенности.

Операторные методы позволяют решать задачи синтеза автономных систем или отдельных каналов передач ИУС. Они обеспечивают тождественность операторных полиномов дифференциальных уравнений систем желаемым. Синтез сводится к решению систем уравнений относительно коэффициентов регулятора. Структура регулятора и топология системы выбираются так, чтобы эти системы уравнений были совместными.

При решении задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов используются модели в форме пространства состояний.

Параметрический синтез сводится к решению уравнений типа Риккати (Riccati) относительно коэффициентов регулятора.

*К графическим, или графоаналитическим, методам синтеза* относятся

частотные методы синтеза ИУС и расчета настроек типовых регуляторов. К графическим относится и метод годографов корней.

Частотные методы, использующие возможности компьютерной графики, позволили создать новые методы синтеза многомерных систем.

Использование графических образов при расчете ИУС на этапах построения и структурного представления моделей, получения решения и отображения результатов является важным условием их «физичности», тесной связи процедур исследования с параметрами объектов и требованиями к поведению систем.

*Численные методы синтеза* связаны с многократным вычислением

характеристик и показателей качества полностью определенных вариантов систем. Показатели качества сопоставляются со сформулированными требованиями. Анализ повторяется многократно до исчерпания исходного множества решений.

Синтез как многовариантный анализ так или иначе связан с перебором вариантов. Полный перебор применяется в случае не очень большой мощности множества возможных структур построения ИУС. Прямой (простой) перебор реализуется с помощью программных средств гибкого редактирования моделей, быстрого построения характеристик и вычисления показателей качества.

В случае большого числа исходных вариантов необходимо применять комбинаторные методы, позволяющие сократить перебор за счет использования априорной информации и текущей информации, получаемой в результате анализа предыдущих вариантов.

Поисковые методы синтеза позволяют найти значения параметров, доставляющие минимум показателям качества, или построить поверхности равного значения показателей качества в пространстве параметров без полного перебора. При этом используются весьма разнообразные методы оптимизации или нелинейного программирования.

Достоинством численных методов синтеза путем полного перебора и многовариантного анализа является универсальность и надежность. Их недостаток – большая трудоемкость при значительной исходной неопределенности ситуации.

В современных технологиях синтеза, использующих компьютерные программы, интегрируются все перечисленные методы – аналитические, графические, численные, а также применяется теория нейронных сетей и генетических алгоритмов.

От компьютерных программ требуется максимальная графичность процедур ввода и редактирования моделей, образность формирования требований и отображения результатов.

Интерактивный характер синтеза должен поддерживаться за счет быстроты выполнения вычислительных процедур, что обеспечивается наиболее полным использованием аналитических методов и символьных алгоритмов, применения эффективных численных алгоритмов решения систем уравнений, поиска корней полиномов и собственных значений матриц, условных экстремумов функций и т. д.

Возможно применение топологического синтеза в случае, когда возмущение нельзя измерять непосредственно, что исключает создание системы компенсации, функционирующей по принципу разомкнутого управления.

# Структурный синтез ИУС

Задача структурного синтеза решается для всех типов и видов ИУС, независимо от их отраслевой принадлежности и выполняемых функций. К этому классу принадлежат и простейший выбор изделия из каталога стандартных решений, и сложнейшие методики синтеза, требующие усилий коллективов высококвалифицированных разработчиков.

Формализация задачи структурного синтеза – это важнейшее условие создания полнофункциональных систем автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства.

Без учета дополнительных ограничений, которые накладываются на элементы и объекты, трудно получить работоспособный вариант технической системы или процесса. Поэтому актуальной является задача разработки такой модели структурного синтеза, которая позволяет учесть дополнительную информацию о сочетаемости объектов в составе одного решения.

Несмотря на значительные различия существующих ИУС и процессов, для всех них можно предложить общую постановку задачи синтеза, а именно: задана функция (функциональное назначение, закон функционирования), требуется разработать описание объекта (технической системы, процесса), который реализует заданную функцию и удовлетворяет некоторой совокупности ограничений и особых условий.

В задачи синтеза структуры системы входят:

1. Синтез структуры управляемой системы, т. е. оптимальное разбиение множества управляемых объектов на отдельные подмножества, обладающие заданными характеристиками. На этом этапе производится:
  - а) выбор числа уровней и подсистем;
  - б) выбор принципов организации управления, т. е. установление между уровнями правильных соотношений (это связано с согласованием целей подсистем разных уровней и оптимальным стимулированием их работы, распределением прав и ответственности), создание контуров принятия решения;

в) оптимальное распределение выполняемых функций между людьми и средствами вычислительной техники;

г) выбор организационной иерархии.

2. Синтез структуры систем передачи и обработки информации (в том числе информационно-управляющего многомашинного комплекса):

а) синтез структуры систем передачи и обработки информации;

б) синтез структуры информационно-управляющего комплекса (в том числе и проблема размещения пунктов обслуживания).

Под проблемой анализа структуры понимают определение основных характеристик системы при некоторой выбранной (фиксированной) структуре. При оптимизации структуры систем находят применение различные модели и методы. Широкое распространение получили модели математического программирования (особенно модели дискретного программирования), методы теории массового обслуживания и статистического моделирования.

Любая сложная система может быть реализована на различных элементах и с разными взаимосвязями между ними. В связи с этим возникает проблема синтеза (выбора) при заданных ресурсах такой структуры (назовем ее оптимальной), которая максимизирует (в общем случае векторный) критерий качества функционирования системы.

Важным при этом является их выбор и компоновка под конкретный электромеханический объект с учетом его функционирования в технологическом процессе.

В условиях большого разнообразия вариантов технических решений (различный набор средств автоматизации и программного обеспечения) разработаны определенные методики (подходы) по выбору оптимальной структуры ИУС, с учетом заданных требований по производительности.

В этой связи ведущие фирмы, производящие современные средства ИУС для различных отраслей промышленности, с целью формализации процесса выбора требуемых при выполнении проектов различных средств ИУС, разработали для заказчиков своей продукции опросные листы.

# МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИУС

## Метод морфологического ящика

Метод морфологического ящика разработан в 1942 г. швейцарским астрономом Ф. Цвикки [19]. Ему же принадлежит ряд методов морфологического исследования, из которых метод морфологического ящика является наиболее разработанным и широко применяемым. Основная его цель состоит в построении всех возможных вариантов реализации исследуемого объекта, как правило, для определения возможных границ его изменения.

Метод выполняют в следующем порядке.

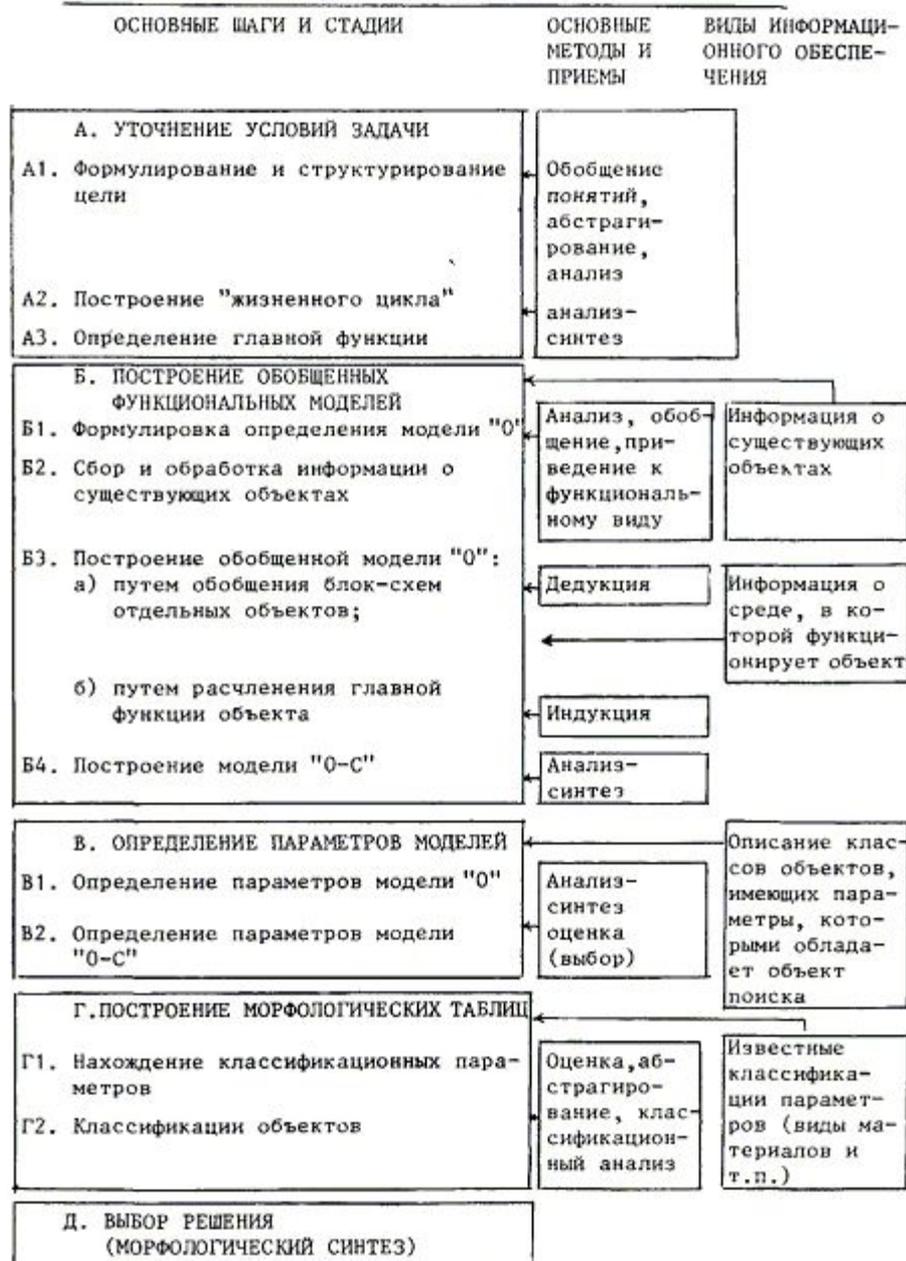
1. Дают точную формулировку проблемы, подлежащей решению. На этом этапе очень важно привести общее описание исследуемого объекта.
2. Формируют (выявляют) важные характеристики (свойства, функции) объекта, совокупность которых обеспечивает существование и функционирование объекта, решение проблемы.
3. Раскрывают возможные варианты реализации каждой характеристики (свойства, функции).
4. Совокупность полученных вариантов сводят в морфологическую матрицу или морфологический ящик.

5. Выбирают решения из морфологического ящика и определяют их функциональную ценность. Метод морфологического ящика в том виде, как его предложил Ф. Цвикки, практически представляет собой морфологический анализ. Процедуры выбора решений из полученного массива не разработаны. Такие исследования в настоящее время проводят ряд исследователей. В первую очередь можно сослаться на работы В. М. Одрина и С. С. Картавова. Применение метода морфологического ящика находят на стадии реализации выбранного направления решения проблемы в то время, когда конкретное техническое средство окончательно еще не выбрано. Метод используют также при прогнозировании развития технических систем, в работе экспертов, определяющих новизну технических решений.

Метод морфологического ящика послужил основой для многих методов поиска, появившихся впоследствии в различных странах. В СССР метод развивают В. М. Одрин и С. С. Картавов.

Блок-схема одной из модификаций метода приведена на рис. 1.

**БЛОК-СХЕМА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТА**



## Метод матриц открытия

Этот метод разработан в 1955 г. во Франции. Его автор А. Моль. В СССР до настоящего времени широкого признания не получил.

Метод матриц открытия близок к известному морфологическому методу Ф. Цвикки, но имеет свои специфические особенности. Как и в методе Ф. Цвикки, он преследует цель систематически исследовать все мыслимые варианты, вытекающие из закономерностей строения (морфологии) усовершенствуемого объекта и изучения поля возможных технических решений. Но метод А. Моля дает возможность гораздо проще ограничить рассматриваемые варианты приемлемым их числом. В наиболее простом виде суть метода матриц открытия заключается в построении матрицы, в которой пересекаются два ряда характеристик (вертикальный и горизонтальный). Ряды могут быть упорядоченными и неупорядоченными, выражены количественно и качественно. Если в морфологическом ящике все выбранные характеристики относятся к объекту, то у А. Моля часть из них может относиться, например, к условиям производства, потребления, эксплуатации и т. п.

Основные этапы метода матриц открытий.

1. Составление перечней элементов, свойств, объектов, фактов, идей и т. п.

2. Выработка поля анализа. Сначала определяют проблему в наиболее общей, абстрактной форме и уточняют ее. Затем строят структуру этого поля, т. е. производят размещение характеристик выбранных элементов, свойств и т. п. по рядам.

3. Определение пересечения рядов и обнаружение возможных комбинаций. Выясняют поле возможных решений, что является целью исследования. Каждая ячейка матрицы представляет связь двух характеристик.

4. Рассмотрение всех возможных решений с целью обнаружения новых допустимых комбинаций.

5. Изучение выбранных комбинаций и выбор рациональных решений. Сам по себе метод матриц открытия еще не дает сколько-нибудь законченных технических решений. Комбинация двух характеристик может быть решением лишь очень простых задач. Чаще всего этот метод служит для системной организации имеющегося материала и дает отправные пункты для дальнейшего исследования, определяя имеющиеся резервы и узкие места. Комбинации характеристик дают простор для плодотворных ассоциаций, постановки проблем. А. Моль считает, что метод матриц открытия является всеобщим, приемлемым во всех областях познания и деятельности. Наибольшие практические результаты от его применения получены при разработке новых видов продукции. Следует отметить, что в СССР развивают и используют похожие методы (например, метод десятичных матриц поиска Р.П. Повилейко и метод фантограмм Г. С. Альтшуллера).

## Десятичные матрицы поиска

Р. П. Повилейко - инженер-исследователь из Новосибирска предложил десятичные матрицы поиска (ДМП). Это матрицы, где в горизонтальных и вертикальных рядах приведены качественные показатели, учитываемые при проектировании, и типовые приемы решения задач [23]. Представляет интерес выбор приведенных показателей и приемов. Автор проанализировал все имеющиеся в литературе приемы решения задач (их оказалось 428) и показатели (129). Из них в результате сопоставительного анализа были выделены 95 показателей и 223 недублированных приема. По итогам группировки было сформировано 10 равномоощных групп показателей и приемов. Ниже приведены основные показатели, учитываемые при проектировании техники.

**1. Геометрические показатели** (длина, ширина, высота, площадь, занимаемые конструкцией в плане и площади сечений, объем, форма).

**2. Физико-механические показатели** (вес конструкции и отдельных ее элементов, материалоемкость, прочность и иные качества используемых материалов, в том числе новых материалов, коррозиестойкость и т. д.

- 3. Энергетические показатели** (вид и мощность энергии, привод, КПД и т. д.).
- 4. Конструктивно-технологические показатели** (технологичность изготовления машины, ее транспортабельность, жесткость, сложность или простота конструкции и др.).
- 5. Надежность и долговечность** (факторы чисто технического характера - техническая надежность и долговечность, а также соотнесенные конструкции такие факторы, как защищенность от вредных воздействий среды; все факторы, связанные с участием человека в работе, вынесены в другую группу показателей).
- 6. Эксплуатационные показатели** (производительность, точность и качество работы машины, стабильность ее параметров, степень готовности к работе и т. д.).
- 7. Экономические показатели** (себестоимость машины и отдельных ее элементов, трудозатраты на производство и эксплуатацию, расходы, потери и т. д.).
- 8. Степень стандартизации и унификации.**
- 9. Удобство обслуживания и безопасность** (все показатели, связанные с охраной труда и техникой безопасности, эргономикой и инженерной психологией, удобством изготовления, работы, контроля и ремонта, требованиями комфортабельных условий труда и высокой культуры производства).
- 10. Художественно-конструкторские** (все показатели, которые придают формам машины высокие художественно-конструкторские достоинства - тектоничность, масштабность, цельность, гармоничность, пропорциональность и др.).

## **Основные группы типовых приемов проектирования**

- 1. Неология** (от латинского "знание нового", "новизна") заключается в использовании проектировщиком процессов, конструкций, форм, материалов, их свойств и пр., новых для данной отрасли техники, но не новых вообще.
- 2. Адаптация** предусматривает приспособление проектировщиком известных процессов, конструкций, форм, материалов и их свойств для конкретных условий труда.
- 3. Мультипликация** заключается в умножении функций и деталей системы, причем умноженные системы остаются подобными друг другу, однотипными.
- 4. Дифференциация** заключается в разделении функций и элементов системы: ослабляются функциональные связи между элементами системы, повышается степень свободы их взаимоперемещения, разносятся элементы конструкции и рабочие процессы в пространстве и во времени.
- 5. Интеграция** предполагает объединение, совмещение, сокращение и упрощение функций и форм элементов и системы в целом: сближаются элементы производства, конструкции и рабочие процессы в пространстве и во времени.

- 6. Инверсия** заключается в обращении функций, формы и расположения элементов системы в целом.
- 7. Импульсация** охватывает группу конструкторско-изобретательских приемов, связанных с изменением прерывности протекающих процессов.
- 8. Динамизация** предполагает, что характеристики, параметры элементов системы или всей системы должны быть изменяющимися и оптимальными на каждом этапе процесса или на новом режиме.
- 9. Аналогия** заключается в отыскании и использовании сходства, подобия в каком-либо отношении систем (предметов и явлений), в целом различных.
- 10. Идеализация** предполагает представление идеального решения, от которого следует отталкиваться.

Перечисленные выше показатели и приемы сводят в матрицы. Затем проводят последовательный анализ выбранного объекта. Цель работы - занести в каждую клетку матрицы (она соответствует одному показателю и одному приему) новое техническое решение. Автор указывает, что его методика эффективна при решении "полярных" задач, т. е. связанных с изменением внешнего вида, дизайна объекта, а также с коренным изменением объекта, например поиском новых принципов реализации выполняемых им функций.

## Метод комбинаторики

Дальнейшее свое развитие метод морфологического анализа Ф. Цвикки нашел в работах советского инженера Ю. М. Чяпяле.

Основная новизна метода комбинаторики в широком использовании законов и методов, применяемых для поиска сочетаний. В этом методе дан новый подход к анализу объекта. Ключевыми моментами подхода являются введенные оси: а) понятие рабочего органа; б) понятие рабочей среды; в) учет агрегатного состояния объекта (его частей) и среды; г) признак геометрической формы рабочего органа; д) признаки структуры рабочего органа (взаимное расположение частей, подвижность частей); е) признаки взаимной связи частей рабочего органа на макро- и микроуровнях.

Внешне морфологическую матрицу записывают не в виде горизонтальных рядов, раскрывающих варианты исполнения осей, а в виде вертикальных.

При комбинаторном синтезе используют перечень идей усовершенствуемого объекта. Цель применения метода комбинаторики та же, что и метода морфологического анализа, т. е. поиск широкой области исследования. Автор метода указывает, что решения, найденные в матрице, легче описать с помощью формул изобретений, так как в них есть основные составные части, необходимые в таком описании.

При построении комбинаторной матрицы в ней выделяют графы для составных частей рабочего органа. Рабочая среда также входит в рассмотрение как составной элемент рабочего органа. Затем описывают агрегатное состояние, характеристики материала рабочего органа, его геометрические формы, структуры, комбинации подвижных и неподвижных частей, взаимосвязи частей рабочего органа.

Комбинаторный метод не ставит вопрос о получении единственного решения, а стремится к получению множества изобретений.

Автор метода показывает, как можно справиться с этой работой, в основном выбрасывая оси, не проводя рассмотрение по другим осям или вводя подчинение осей (т. е. для привода рабочего органа следует строить варианты только после определения его агрегатного состояния и т. д.). Отмечается, что метод комбинаторики позволяет не только получить множество решений, но также наметить более широкую область для исследования.

Широкое распространение получили методы, основанные на функциональном подходе к совершенствуемому или проектируемому объекту. Ниже будет рассмотрена группа таких методов. В процессе поиска решений, реализующих функции, в них используют самые различные подходы.

### **Метод ступенчатого подхода к решению задачи**

Метод разработал английский ученый А. Фрейзер в 1969 г. Он предложил новый подход к решению сложных проблем, возникающих в технике. По своей сути это метод анализа причин, приведших к нежелательному эффекту. Автор разделяет все задачи на два класса: а) задачи по защите (работа в рамках существующей системы) и б) задачи по разработке (построение новой системы).

Процесс решения задачи состоит из следующих этапов.

1. Определение конечных целей.
2. Выяснение причин.
3. Определение признаков.
4. Определение препятствий.
5. Поиск средств для преодоления препятствий.
6. Построение модели задачи.
7. Проверка правильности решения.

## **Метод функционального изобретательства**

Автор этого метода К. Джоунс опубликовал свою работу в 1970 г. Метод разработан на базе анализа развития технических систем [27]. Основные этапы его выполнения следующие.

1. Определение функций каждого конкретного элемента существующего решения.
2. Определение основной функции, для которой другие являются вспомогательными.
3. Определение любых изменений основной функции, которые могут привести к совершенствованию данной конструкции.
4. Объединение результатов 2 и 3-го этапов для нахождения новой (измененной) основной функции.
5. Поиск альтернативных решений для деления новой основной функции на вспомогательные и закрепление каждой из них за конкретным элементом конструкции. Автор утверждает, что метод функционального изобретательства предназначен для работы в условиях существенного изменения среды функционирования технических систем, т. е. в условиях, когда они уже не могут удовлетворительно выполнять свои функции.

В рамках метода предполагается совершать целенаправленный и системный поиск возможных изменений технической системы на основе существующих физических знаний. Интерес при анализе данного метода вызывает и то, что работа практически сразу проходит вокруг основной функции, иными словами, совершается довольно экономно. В какой-то мере первая часть метода похожа на построение диаграммы.

### **Программа проектирования Фанге**

Программа проектирования Э. Фанге состоит из шести основных этапов.

1. Определение основного направления.
2. Определение способа оценки результата.
3. Усовершенствование.
4. Поиск оптимального варианта.
5. Окончательное оформление.
6. Доказательство преимуществ нового решения. Имеет смысл рассмотреть суть каждого этапа более подробно..

## Процесс конструирования по Байтцу

Конструирование по методу западногерманского исследователя В.Байтца

включает в себя три основные фазы: конструирование концепции, проектирование и выработка решения. Каждая фаза делится на ряд рабочих шагов (см. рис. 2). Предложенная последовательность интересна прежде всего четким чередованием этапов синтеза и анализа информации.

В этом плане методика В. Байтца является полной. Совершенствование

данной методики ведется прежде всего в направлении адаптации ее к

возможностям вычислительной техники.

СХЕМА ПРОЦЕССА КОНСТРУИРОВАНИЯ ПО БАЙТЦУ

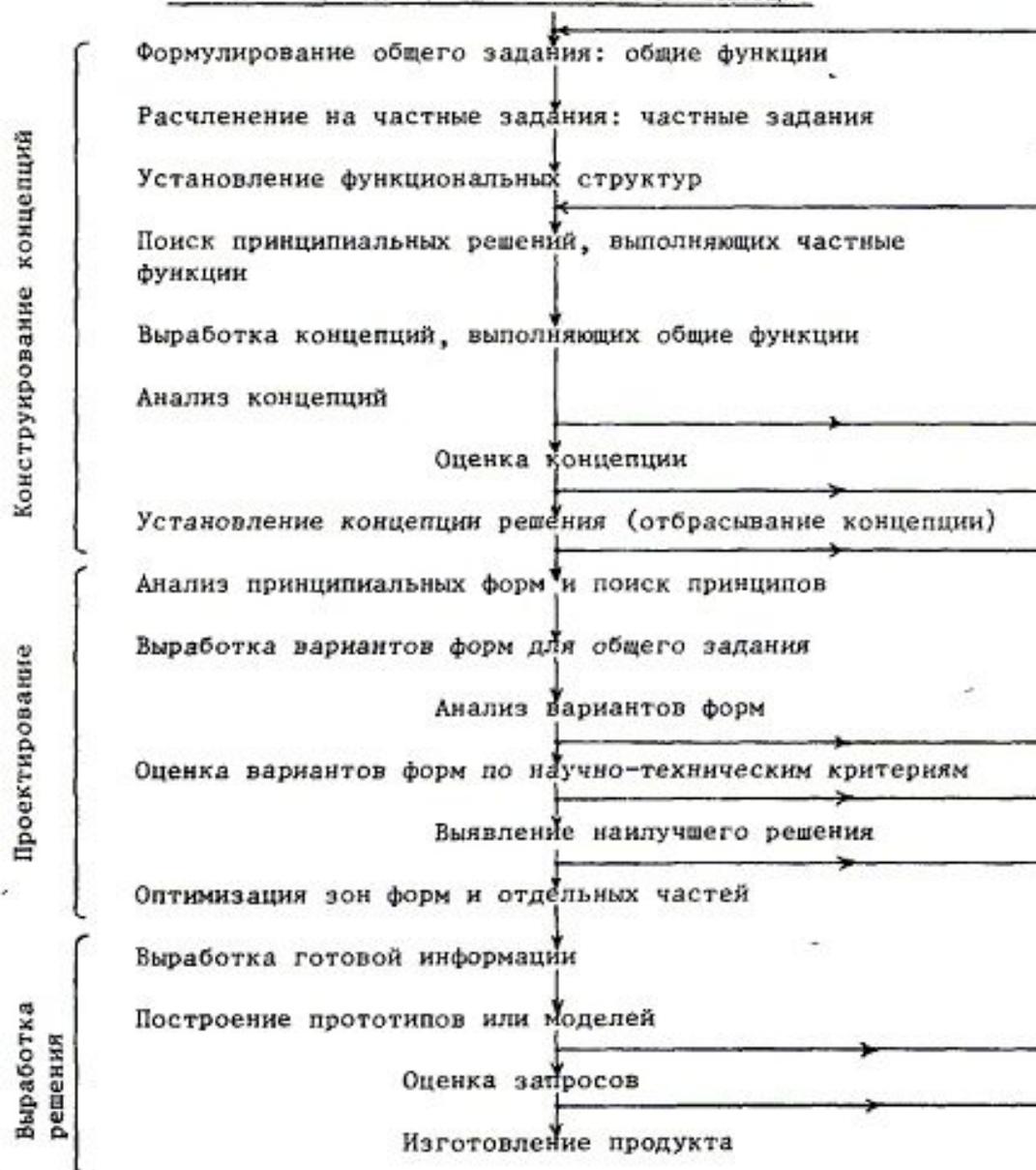


Рис. 2

## **Алгоритмический избирательный метод конструирования по каталогам**

Метод предложен исследователем из ФРГ К. Ротом. Важнейшими составляющими его являются алгоритмическая методика, задающая последовательность и правила выполнения этапов работы, и каталоги, служащие информационным фондом метода. Формированию каталогов К. Рот уделяет большое внимание. Выбор информации из каталогов в процессе работы осуществляют с помощью специально определенных в каждом конкретном случае критериев выбора.

ФАЗЫ И РАБОЧИЕ ШАГИ ПРОЦЕССА КОНСТРУИРОВАНИЯ  
ПО РОТУ

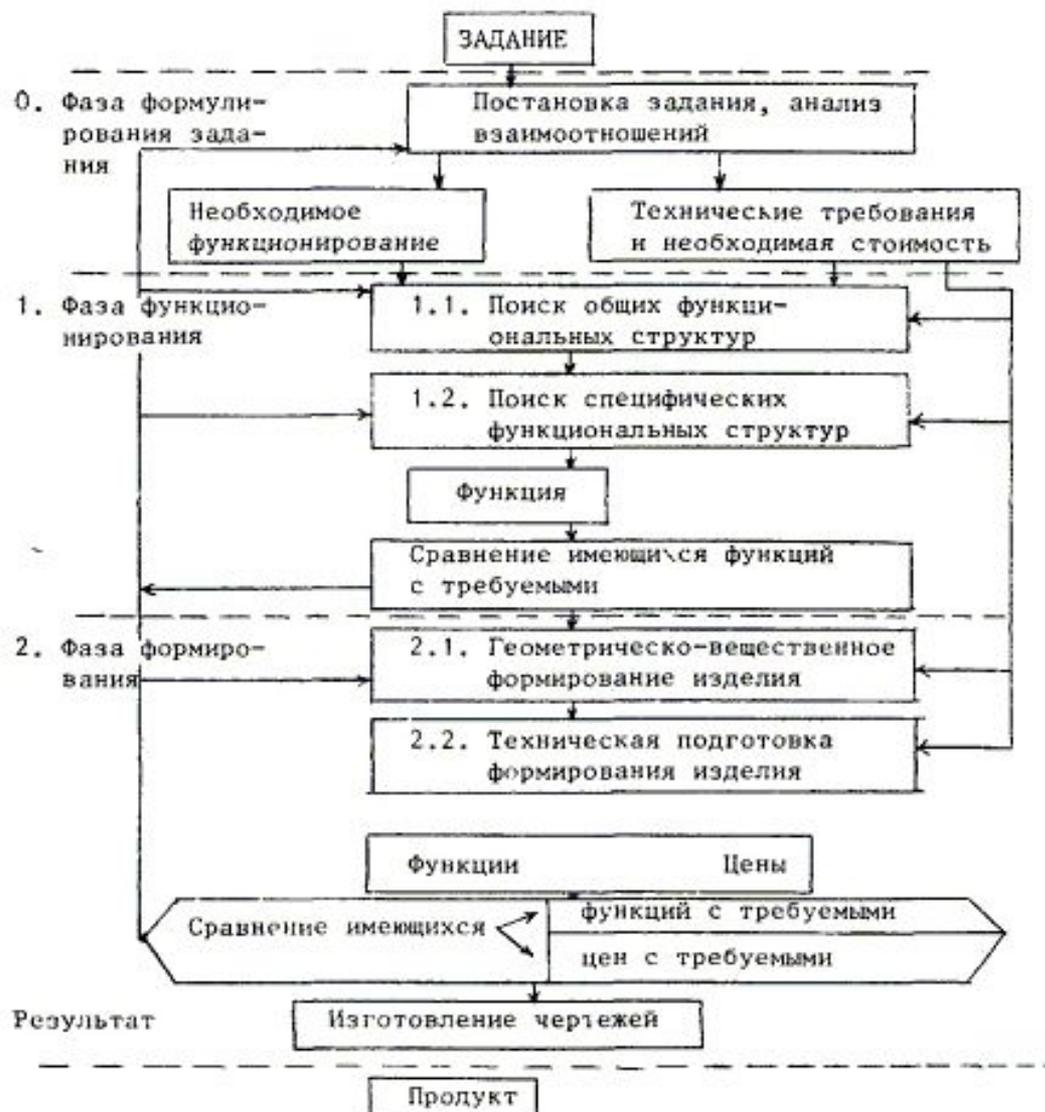


Рис. 3

Собственно процесс конструирования разделен на несколько основных фаз: формулирование задания, поиск концепции функционирования, формирование внешнего облика изделия. Каждая фаза состоит из ряда рабочих шагов (см рис 3). В целом метод ориентирован на синтез новых конструкций на основе функционального подхода. Функцию в методе понимают как характеристику, определяющую действие объекта. В качестве возможных действий выделяют излучение, изменение, накопление вещества, энергии или информации и управление этими процессами.

Метод К. Рота предполагает многоцикловость работы.

### **Системное конструирование по Ханзену**

(метод организующих понятий)

Метод разработал в 1953 г. исследователь из ГДР Ф. Ханзен. В рамках метода определены основные этапы процесса конструирования. По Ф. Ханзену процесс разработки нового объекта состоит из следующих операций: определение главной идеи задания, общей для всех решений, комбинирование всеми привлекаемыми элементами с целью получения возможных решений, определение недостатков, присущих каждому решению, и поиск возможностей уменьшения их последствий, поиск решений с минимальным числом недостатков, создание основ для возможной практической реализации. Интерес вызывает предложение Ф. Ханзена использовать перечисленные выше операции на четырех этапах.

- 1 Предварительное установление основного принципа,
  - 2 Поиск решения элементов и комбинирование принципов действия,
  - 3 Критика ошибок и улучшение принципов действия,
  - 4 Оценка эффективности оптимального (выбранного) принципа действия
- Ф Ханзен дает ряд указаний по организации работы с использованием его метода и выполнению основных операций Так, главную цель задания нужно формулировать как можно более абстрактно, чтобы не отсеять возможные решения
- Постановка задания включает в себя формулирование общих функций (функции цели), ограничения и информационный массив (фонд используемых элементов)
- На этапе комбинирования проводят методический поиск исполнения тех или иных элементов При этом для каждого элемента (составная часть, узел) отыскивают организующее понятие (как правило, на функциональном уровне), которое затем развивают до уровня конкретной реализации
- Оценку сформулированных организующих понятий производят на основе следующего критерия данное понятие (функция) должно содержаться в каждом возможном решении

## Методическое конструирование по Роденакеру

Информация о методе В Г Роденакера (ФРГ) дается здесь по содержащему ее источнику.

Базой подхода в методическом конструировании по В. Г. Роденакеру является предположение, что в основе всех ИУС лежит так называемое физическое происхождение, которое должно выполнять определенную функцию. В. Г. Роденакер рассматривает конструирование как процесс обмена информацией, протекающий от абстракции к конкретности. Он уточняет и абстрагирует постановку задания (превращение исходного продукта в готовый) через установление функциональной структуры, ищет для этого физические зависимости, которые затем определяют конструктивные зависимости (см рис 4)

РАБОЧИЕ ШАГИ ПРОЦЕССА КОНСТРУИРОВАНИЯ  
ПО РОДЕНАКЕРУ

ИСХОДНЫЙ ПРОДУКТ

ЭНЕРГИЯ

ВЕЩЕСТВО

СИГНАЛ



Рис. 4

## Синтез изделий по Тьялве

Процесс создания изделий по Э. Тьялве (Дания) предполагает последовательное выявление требуемых свойств (функций), манипулирование с основными свойствами (характеристики) в процессе проектирования, а затем оценку реализованных свойств.

В качестве набора основных свойств или характеристик изделия, выбираемых под конкретную функцию, автор предлагает рассматривать следующие: структура, форма, материал, размеры, поверхность.

Основную функцию изделия Э. Тьялве рассматривает как способ, с помощью которого "выходные данные определяют посредством входных данных".

Построение основной функции или системы основных функций - важнейший элемент процесса синтеза. Его рекомендуют фиксировать в виде древовидной схемы "функция-средство" (т. е. в виде дерева целей - средств).

## Метод конструирования Коллера

При рассмотрении метода конструирования, предложенного западногерманским исследователем Р Коллером, целесообразно обратить внимание на три составные части метода: последовательность конструирования изделий, структура основных операций и элементарных функций, фонд физических эффектов [34]

В этом методе упорядочен процесс конструирования, т е выделены определенные этапы, для каждого установлен план работы Результатом на этапе является совокупность решений, из которых с учетом выделенных критериев выбирают лучшее решение. Оно и поступает на вход следующего этапа. В наиболее общем виде процесс конструирования может быть, в свою очередь, разделен на три части функциональный синтез, качественный синтез и количественный синтез.

ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПО КОЛЛЕРУ

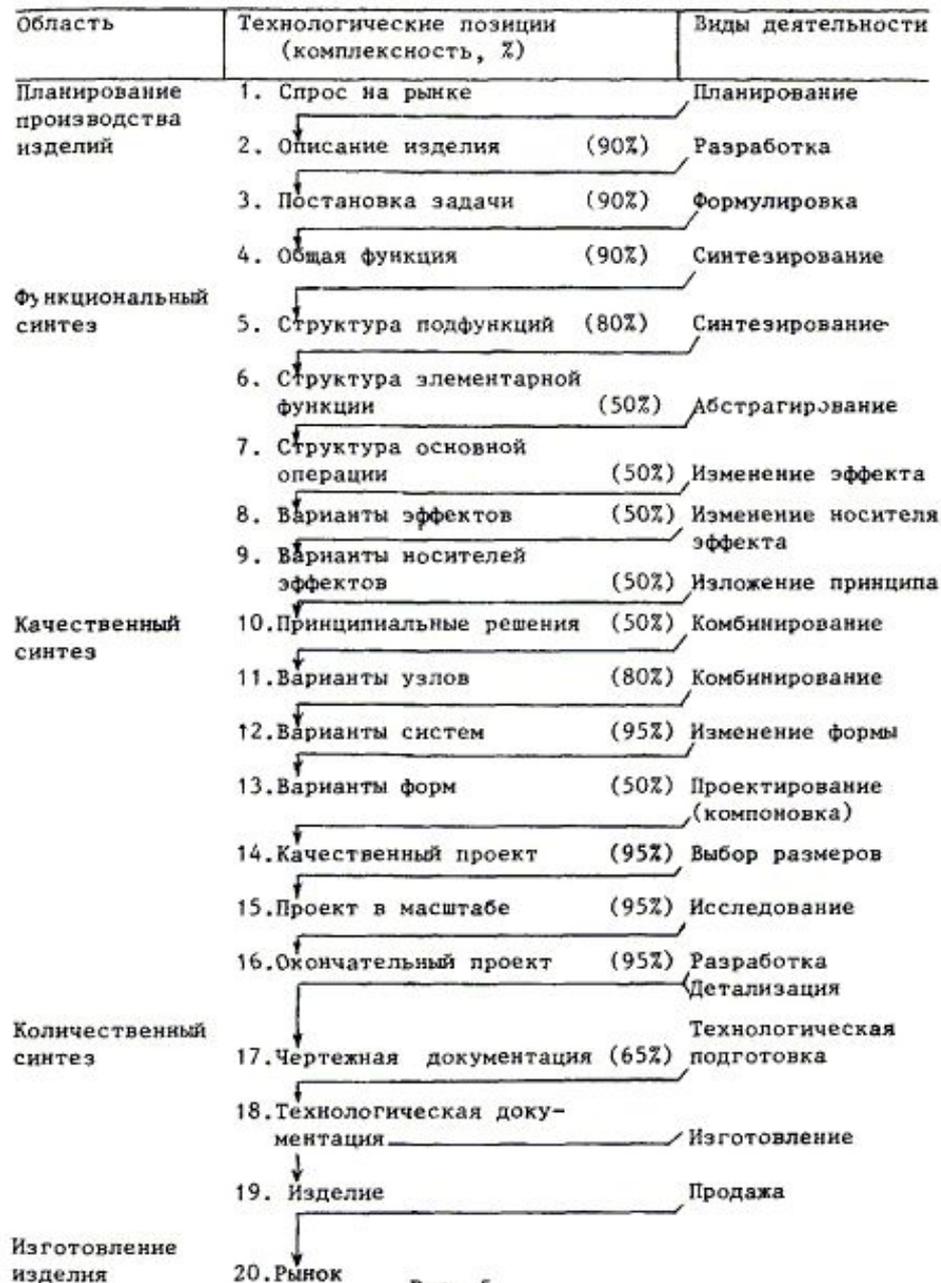


Рис. 5