



ТЕМА 2. Лекция 1 «СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»



СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ



СОДЕРЖАНИЕ

1. Постановка задачи
2. Основные способы структурного моделирования
3. Модели блоков и сигналов
4. Структурный подход при проектировании РЭС
5. Структурный метод и структурное моделирование

Контрольные вопросы



1. Постановка задачи

- *Одним из первых этапов проектирования РЭА* является проектирование ее структуры. На этом этапе объект проектирования представляется виде структурной схемы, т.е. совокупности взаимно-связанных достаточно крупных завершенных блоков.
- *Задача проектирования структурной схемы* заключается в том, чтобы, варьируя типами, параметрами и связями блоков, найти такую структуру, которая обладала бы заданными выходными параметрами и характеристиками. *Ограничениями при проектировании структуры* могут быть номенклатура блоков, их предельно допустимые характеристики, число связей.



1. Постановка задачи

- Языки *структурного моделирования* строятся с использованием понятий процессов, активностей и событий.
- *В зависимости от подхода* к описанию рассматриваемых объектов их можно разделить на языки, **ориентированные на активности, события** или **процессы**.
- Под **структурной моделью процесса** обычно подразумевают характеризующую его последовательность и состав стадий и этапов работы, совокупность процедур и привлекаемых технических средств, взаимодействие участников процесса.



1. Постановка задачи

Под структурной моделью устройства можно подразумевать:

- **структурную схему**, которая представляет собой упрощенное графическое изображение устройства, дающее общее представление о форме, расположении и числе наиболее важных его частей и их взаимных связях;
- **топологическую модель**, которая отражает взаимные связи между объектами, не зависящие от их геометрических свойств.



2. Основные способы структурного моделирования

- Аналитическое моделирование
- **Методика аналитического способа** моделирования состоит в составлении математического описания системы с техническим заданием (ТЗ) рассматриваемых характеристик, вычисления этих характеристик при значениях параметров, соответствующих выбранной структуре, и оценки полученных значений.
- **Аналитические методы** применяются для простых систем и элементов. Однако даже в этих случаях рассчитываются лишь линейные стационарные и нелинейные безынерционные системы.



2. Основные способы структурного моделирования

- Для **повышения полноты восприятия** на структурных схемах в символьном (буквенном, условными знаками) виде могут указывать параметры, характеризующие свойства отображаемых систем.
- Исследование таких схем **позволяет установить соотношения** (функциональные, геометрические и т. п.) между этими параметрами, то есть представить их взаимосвязь в виде равенств $f(x_1, x_2, \dots) = 0$, неравенств $f(x_1, x_2, \dots) > 0$ и в иных выражениях.



Имитационное моделирование

- *Для имитационного моделирования* разрабатывается соответствующая модель имитируемой системы.
- Модель строится так, чтобы отразить исследуемые характеристики системы (надежность, точность, производительность).
- *Построение модели системы* осуществляется на основе ее описания.
- **Процесс имитационного моделирования** может заключаться (в зависимости от целей) в моделировании прохождения сигнала через систему, в определении состояния каждого из блоков системы (исправен — неисправен) и системы в целом, в расчете ошибок или помех, возникающих при прохождении сигнала и т.д.



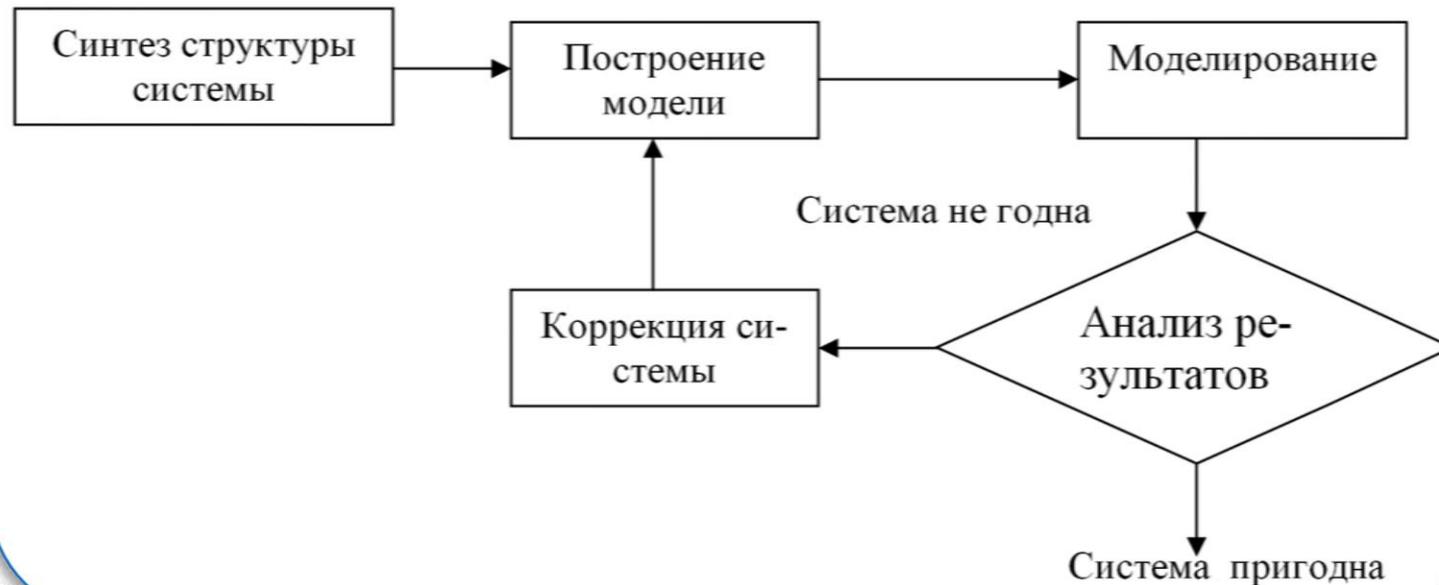
Имитационное моделирование

- **При структурном проектировании** имеют дело с двумя типами задач. В этих задачах либо определяется качество функционирования системы, либо система рассматривается с позиций теории массового обслуживания и при моделировании определяется наличие очередей запросов к устройствам, простои устройств.
- **Методы имитационного моделирования** используются при решении задач обоих типов.



Общая схема процесса моделирования структуры

ОБЩАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ





3. Модели блоков и сигналов.

3.1 Общие сведения о моделях

- *Модели блоков* и *сигналов* для структурного проектирования разнообразны и зависят от типа решаемых задач.
- Эти задачи можно разделить на 3 основные типа: моделирование точности работы, моделирование надежности (работоспособности) и моделирование обслуживания (пропускная способность, коэффициент загрузки или простоя и т.д.).
- **При моделировании точности работы** модели блоков структуры представляют собой аналитические выражения или алгоритмы для вычисления ошибок на выходе блока как функций случайного соотношения его отдельных параметров и характеристик внешней среды.



3.1 Общие сведения о моделях

- При моделировании надежности системы *модели блоков представляют собой случайные величины* или *случайные процессы* в виде последовательности цифр. Каждая из которых соответствует определенному состоянию моделируемого блока, например, 0 — неисправен, 1 — исправен, 2 — неопределенное состояние и т.д.
- При моделировании процессов обслуживания системы *модели блоков представляются набором временных параметров*, характеризующих блок, — времени подготовки обслуживания, «отдыха» после обслуживания и т.д. При этом каждое из времен могут быть случайной величиной.



3.2 Основные характеристики случайных величин, моделируемых на ЭВМ

- *Случайные величины в системах имитационного моделирования* могут формироваться тремя способами:
- из таблиц случайных чисел;
- физическими датчиками случайных чисел;
- программами получения случайных чисел.
- Для имитационного моделирования требуются случайные числа с различными законами распределения — нормальным, равномерным. Экспоненциальным и др.
- *Основой для их генерации* является последовательность случайных чисел с равномерным законом распределения на интервале (0...1).



3.3 Моделирование равномерного распределения

- Применяется алгоритм вида:

$$\xi_{n+1} = k \xi_n \bmod M \quad (1)$$

где k — специально подобранное большое целое число, а операция умножения $k \cdot \xi_n$ производится по модулю M , т.е. если результат $k \cdot \xi_n \geq M$, то в качестве ξ_{n+1} берется остаток от деления $k \cdot \xi_n / M$. Числа ξ_i — целые. В качестве M берется максимальное целое число, размещаемое в машинном слове ЭВМ.

Функция вида (1) представляет собой множество прямых линий в квадрате с длиной стороны, равной M . Наклон и количество линий определяется величиной k .



3.3 Моделирование равномерного распределения

- Для получения хороших «случайных» чисел с помощью процедур вида (1) надо, чтобы график этой функции представлялся большим числом линий и плотно заполнил квадрат, т.е. k д.б. достаточно большим.
- Дополнив процедуру (1) преобразованием

$$\xi_{n+1} = \xi_{n+1} / M \quad (2)$$

получим случайные числа, равномерно распределенные на интервале (0...1), являющиеся базовыми для формирования случайных чисел с произвольным законом распределения.



3.4 Моделирование нормального распределения

- *Один из часто применяемых методов основан* на центральной предельной теореме теории вероятности, согласно которой сумма независимых случайных величин ε_i с произвольными законами распределения и мало различающимися дисперсиями образует последовательность случайных величин с законом распределения, стремящимся к нормальному при $n \rightarrow \infty$.

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$$

В качестве ε_i можно использовать равномерно распределенные случайные величины на интервале (0...1).



3.4 Моделирование нормального распределения

- *Нормальное распределение* с $M(\gamma)=0$ и $D(\gamma)=1$ можно получить, воспользовавшись алгоритмом:

$$\gamma = \sqrt{\frac{12}{n}} \left(\sum_{i=1}^n \xi_i - \frac{n}{2} \right),$$

где ξ_i — случайные числа, равномерно распределенные на интервале (0...1). При $n=12$.

$$\gamma = \sum_{i=1}^{12} \xi_i - 6.$$



3.5 Моделирование дискретного распределения

- Если необходимо получить ряд дискретных случайных величин $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ с вероятностями появления P_1, P_2, \dots, P_n , то, используя равномерно распределенную последовательность случайных чисел ε_i , можно это сделать следующим образом.
- Разделим интервал (0...1) на n отрезков δ_i , длина каждого из которых равна P_i (заметим, что $\sum \delta_i = 1$).



3.5 Моделирование дискретного распределения

- Для каждого ξ_k определим интервал δ_i , в который оно попадает, т.е. определим ε_i в соответствии с условием:

$$\varepsilon = \begin{cases} \varepsilon_1, & \text{если } 0 \leq \xi_k < \delta_1, \\ \varepsilon_2, & \text{если } \delta_1 \leq \xi_k < \delta_2, \\ \dots & \dots \\ \varepsilon_n, & \text{если } \delta_{n-1} \leq \xi_k < \delta_n, \end{cases}$$

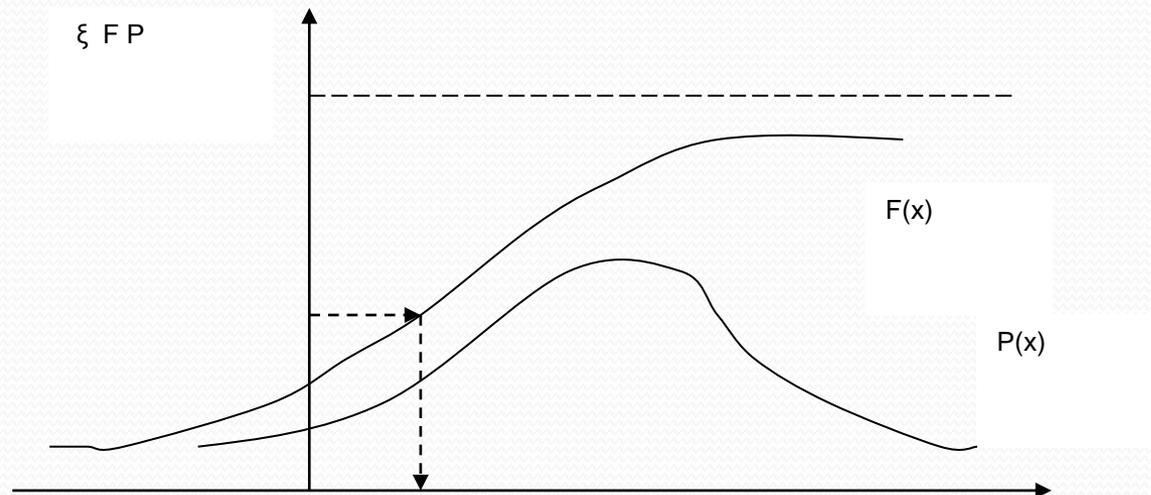


3.6 Моделирование произвольного распределения

- Метод обратной функции
- Если случайная величина x имеет плотность распределения вероятности $p(x)$, то случайная величина

$$\xi = F(x) = \int_{-\infty}^x p(x) \cdot dx$$

распределена равномерно в интервале (0...1) независимо от вида $p(x)$.





3.6 Моделирование произвольного распределения

- Отсюда вытекает способ моделирования случайных чисел x_i с произвольной плотностью распределения вероятности $p(x)$.
- 1. Моделируется равномерно распределенная случайная величина ξ_i из интервала (0...1).
- 2. Решается интегральное уравнение относительно верхнего предела x_i .

$$\xi_i = \int_{-\infty}^{x_i} p(x) \cdot dx \quad (3)$$



3.6 Моделирование произвольного распределения

- Значение x_i будет случайным числом из совокупности чисел, имеющих плотность распределения вероятности $p(x)$. Если $p(x)=0$ при $x < x_0$, то нижний предел $-\infty$ можно заменить на x_0 .
- *При моделировании структур систем* с целью выяснения динамики их работы используются понятия: **процесс**, **активность**, **событие**.
- Под **процессом** понимают описание алгоритма работы некоторой части системы в терминах работы ее блоков.



3.6 Моделирование произвольного распределения

- В свою очередь работа каждого блока задается активностью. **Блок активен**, если к нему был запрос и он находится в состоянии обработки запроса.
- **Событие** — это изменение состояния какого-либо объекта системы либо запрос извне системы.
- *Окончание работы какого-либо блока* — окончание активности — является событием, которое может возбудить другие активности.
- *Процессы, активности и события* являются основными элементами, с помощью которых можно описать динамическое поведение системы.



4. Структурный подход при проектировании РЭС

- на уровне алгоритма (в виде структуры взаимосвязей блоков операций);
- на уровне блока операций (в виде взаимосвязей отдельных операций);
- на уровне операций (в виде взаимосвязи ее компонентов).



4. Структурный подход при проектировании РЭС

- **Сущность структурного подхода** к разработке системы *заключается в её разбиении на автоматизируемые функции*, т.е. система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на подфункции, подразделяемые на задачи и т.д.
- *Процесс разбиения* продолжается до конкретных процедур.



4. Структурный подход при проектировании РЭС

Структурное моделирование системного анализа включает:

- Методы сетевого моделирования;
- Сочетание методов структуризации с лингвистическими методами;
- Структурный подход в направлении формализации построения и исследования структур разного типа на основе теоретико-множественных представлений и понятия номинальной шкалы теории измерений.



5. Структурный метод и структурное моделирование

- **Структурный метод** – научный метод, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными и элементами исследуемой схемы.
- **Одним из принципов структурного метода** является принцип иерархического структурирования:
 - **на оперативном уровне** (в виде структуры взаимосвязей решаемых задач);
 - **на уровне решения одной задачи** (в виде структуры взаимосвязей алгоритмов)



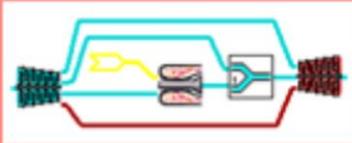
Синтез

Анализ

Структура

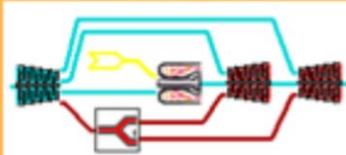
Структурный синтез схемы

Охлаждение камеры сгорания и турбины

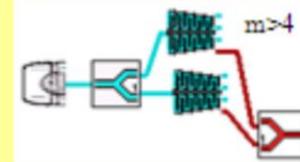


Структурный синтез и анализ

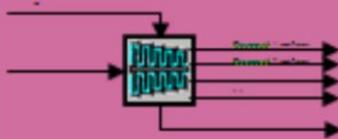
Распределенный отбор охлаждающего воздуха с детализацией характеристик турбины



Структурный анализ

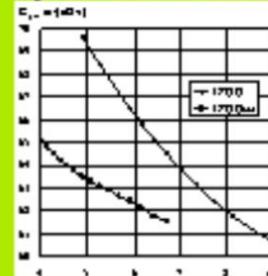


Структурно-параметрический синтез



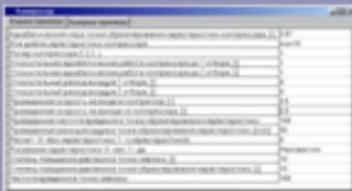
Структурно-параметрический синтез и анализ авиационных ГТД и ЭУ

Структурно-параметрический анализ



Параметры

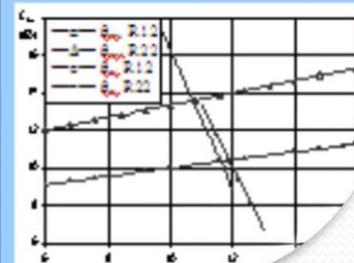
Параметрический синтез



Параметрический синтез и анализ

Параметрические исследования схем п.2

Параметрический анализ





КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие способы структурного моделирования вы знаете? Приведите их сравнительную характеристику.
2. Приведите общую схему процесса структурного проектирования.
3. Какие типы задач решаются при структурном моделировании?