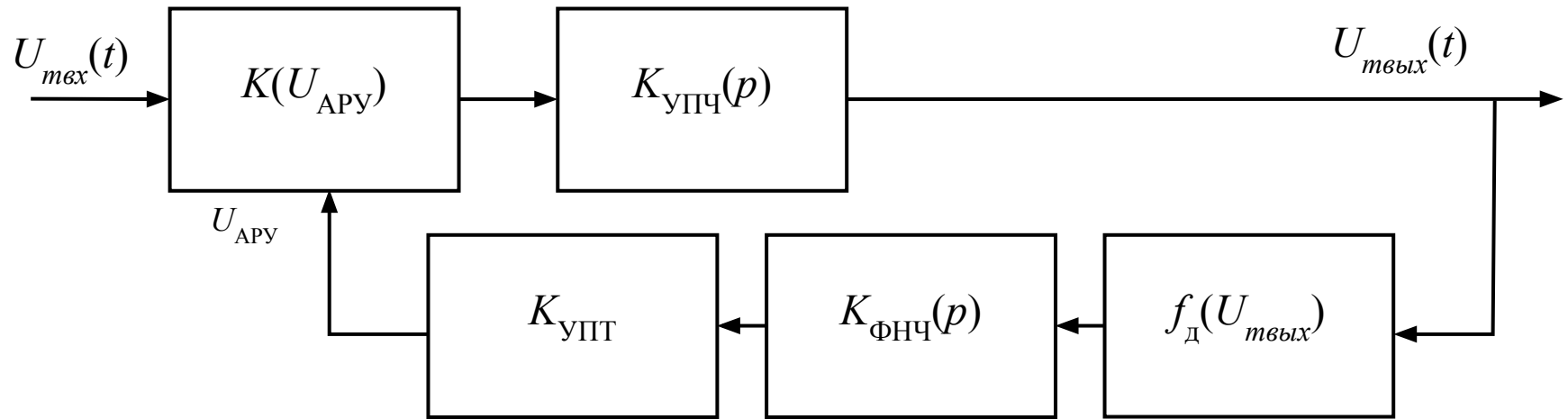


# Моделирование по методу информационного параметра.

Обычно эта модель используется для изучения систем радиоавтоматики, динамические свойства которых практически определяются низкочастотной частью схемы. Поэтому в модели узкополосные высокочастотные устройства считаются безинерционными элементами или вносящими небольшой фазовый сдвиг.

Для системы АРУ информационным параметром является амплитуда выходного сигнала УПЧ.



УПЧ как элемент системы авторегулирования вносит фазовый сдвиг в огибающую сигнала промежуточной частоты. Если АЧХ УПЧ близка к прямоугольной, ФЧХ в полосе пропускания линейна, и УПЧ заменяют звеном идеального запаздывания  $K_{\text{УПЧ}}(p) = e^{-\tau p}$  ( $\tau$  – время запаздывания огибающей сигнала в УПЧ). В другом крайнем случае АЧХ считают близкой к АЧХ одиночного колебательного контура и УПЧ заменяют инерционным звеном  $K_{\text{УПЧ}}(p) = 1/(1+pT)$ , где  $T$  – постоянная времени УПЧ по огибающей.

# Сравнение методов моделирования

**Информативность.** Математические модели, сформированные на основе методов несущей и комплексной огибающей являются наиболее полными и универсальными. Они позволяют провести моделирование всех преобразований сигнала в РЭС.

Модели по методу информационного параметра ограничены областью низкочастотных преобразований модулирующего параметра. Они справедливы лишь для тех условий, с учетом которых были построены эквиваленты узкополосных каскадов РЭС. Используются в основном для моделирования следящих систем.

**Сложность составления математической модели** Наиболее сложной является подготовка к математическому моделированию по методу комплексной огибающей. В модели используются комплексные переменные и все преобразования высокочастотных сигналов должны быть переведены в преобразования комплексных амплитуд.

Модели по методу несущей и информационного параметра описываются действительными переменными и строятся с использованием обычных операций D-схемы.

**Время моделирования.** Максимальное время моделирования требуется для модели несущей, так как частота дискретизации должна в 5 – 10 раз превышать несущую частоту. Могут возникнуть проблемы с требуемым быстродействием вычислительной техники. Для уменьшения времени моделирования используется временное масштабирование с различными масштабными коэффициентами для несущей и огибающей.

Минимальное время моделирования для модели по методу информационного параметра. Частота дискретизации связана с шириной спектра медленных изменений параметра.

# Компьютерный эксперимент

**Компьютерный (вычислительный) эксперимент** — метод изучения устройств или физических процессов с помощью моделирования. Он предполагает, что вслед за построением компьютерной модели проводится ее численное исследование, позволяющее «проиграть» поведение исследуемого объекта в различных условиях или в различных модификациях

При компьютерном проектировании вычислительный эксперимент используется вместо натурального эксперимента, то есть исследования экспериментального варианта РЭС, выполненного на требуемой элементной базе. Результаты натурального и компьютерного экспериментов близки при точной математической модели РЭС. Точность модели обязательно должна быть подтверждена результатами тестовых испытаний.

Компьютерный эксперимент можно считать заключительной стадией компьютерного моделирования, по результатам которого делается вывод о выполнении технического задания и завершении разработки изделия. Таким образом, главная цель компьютерного эксперимента при проектировании РЭС – подтверждение выполнения технического задания.

Задачи, решаемые в ходе компьютерного эксперимента:

измерение показателей работоспособности РЭС, требования к которым •  
;сформулированы в ТЗ

исследование влияния на эти показатели параметров РЭС и определение •  
;оптимальных значений этих параметров или допустимых границ

;определение предельных режимов работы РЭС •

измерение различных характеристик РЭС, представляющих интегральную •  
;информацию о функционировании РЭС

проведение дополнительных исследовательских экспериментов, позволяющих •  
глубже изучить функционирование РЭС

.и др

Компьютерный эксперимент в проектировании РЭС – не только измерение параметров и характеристик РЭС, но и продолжение созидательной работы над проектом с целью добиться выполнения требований технического задания изменением параметров (параметрическая оптимизация) и структуры (структурная оптимизация) проектируемого РЭС

прогона Компьютерный эксперимент реализуется в ЭВМ в форме многократного компьютерной модели

### Схема компьютерного эксперимента



Компьютерный эксперимент является автоматизированным процессом. Анализ результатов эксперимента, принятие решения и характер изменений в компьютерной модели остаются за человеком

Компьютерная модель в форме программного продукта загружается в ЭВМ и запускается на выполнение. Результаты выполнения программы анализируются на соответствие требованиям ТЗ. Если принято решение, что результаты моделирования не удовлетворяют требованиям ТЗ, то производятся изменения параметров в математической модели

Они могут быть двух видов: испытательные, которые позволяют определить нужное значение параметра, и корректирующие, которые устанавливают найденное нужное значение параметра в компьютерной модели

Если изменение параметров не привело к положительному результату, начинается изменение структуры. Какие изменения следует произвести компьютерного определяется теми знаниями, которые были получены в ходе эксперимента

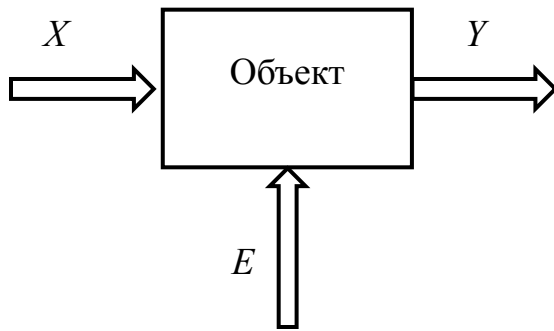
Компьютерный эксперимент продолжается до тех пор, пока не будет принято решение, что результаты моделирования удовлетворяют требованиям ТЗ

Если в процессе эксперимента не будет найдено решения, удовлетворяющего требованиям технического задания, то, очевидно, была принята неверная концепция построения РЭС и нужно возвращаться к концептуальной модели. Принимается решение о прекращении .компьютерного эксперимента



# Планирование эксперимента

Цель планирования эксперимента – получить максимум информации при .минимуме опытов



$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – контролируемые факторы,  
 $E = (e_1, e_2, \dots, e_l)$  – неконтролируемые факторы,  
 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$  – отклик,  
 $Y(X, E)$  – функция отклика.

..... Неконтролируемые факторы определяют ошибку эксперимента.

:Две задачи

Определение зависимости функции отклика от уровня контролируемых .1 факторов (факторный анализ)

Определение уровней факторов, при которых отклик имеет экстремальное .2 значение

Полный факторный анализ – изучение влияния на отклик всех возможных уровней факторов. С увеличением числа факторов возникает «проклятие размерности» - катастрофическое увеличение времени эксперимента

Цель планирования эксперимента – получить максимум информации при  
.минимуме опытов

:Принципы, положенные в основу планирования эксперимента

;отказ от полного факторного анализа .1

постепенное усложнение математической модели (принцип .2  
;последовательного планирования)

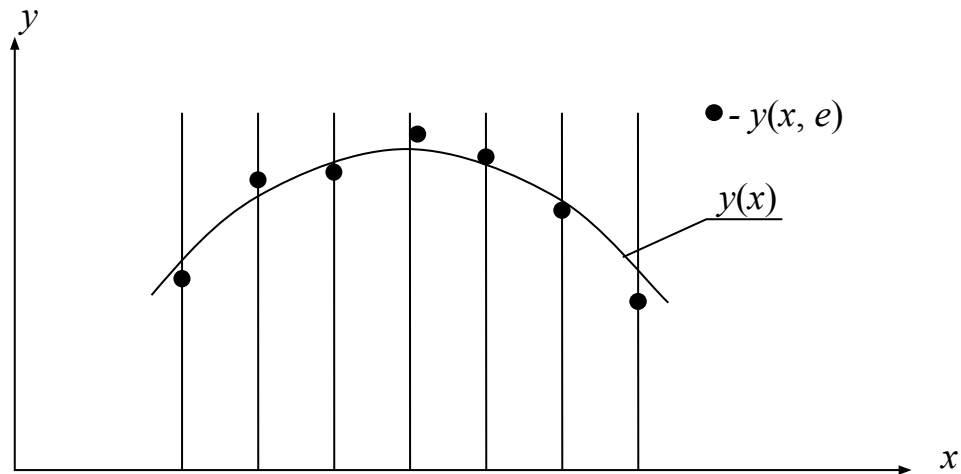
учет априорной информации (известной или новой, полученной в ходе .3  
;компьютерного эксперимента)

сопоставление отклика с ошибками эксперимента, связанными с .4  
неконтролируемыми факторами

# Поиск экстремума функции отклика

В зависимости от ошибок эксперимента задача поиска экстремума может решаться как детерминированная, если ошибки эксперимента много меньше отклика и как статистическая, если ошибки эксперимента сравнимы с откликом

.Ошибки эксперимента сравнимы много меньше отклика .1

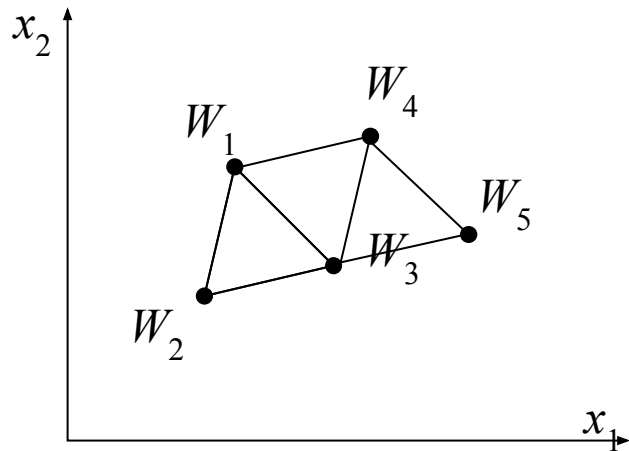


Для определения оптимального значения фактора при многофакторном анализе используются методы детерминированного поиска экстремума

Их можно разделить на три группы: 1) позиционные (нулевого порядка), в которых направление и шаг поиска определяются только значениями  $v(x_j)$ , 2) градиентные (первого порядка), в которых кроме значений  $v(x_j)$  измеряются и производные  $v'(x_j)$  и второго порядка, в которых измеряется и вторая производная  $v''(x_j)$ .

.Среди позиционных методов наиболее часто используется симплекс-метод

Поясним симплекс-метод на примере двумерной задачи.



Выбираем три пары значений  $(x_1, x_2)$ , чтобы на плоскости они образовали равносторонний треугольник. Рассчитываем значения  $W_1, W_2, W_3$ .

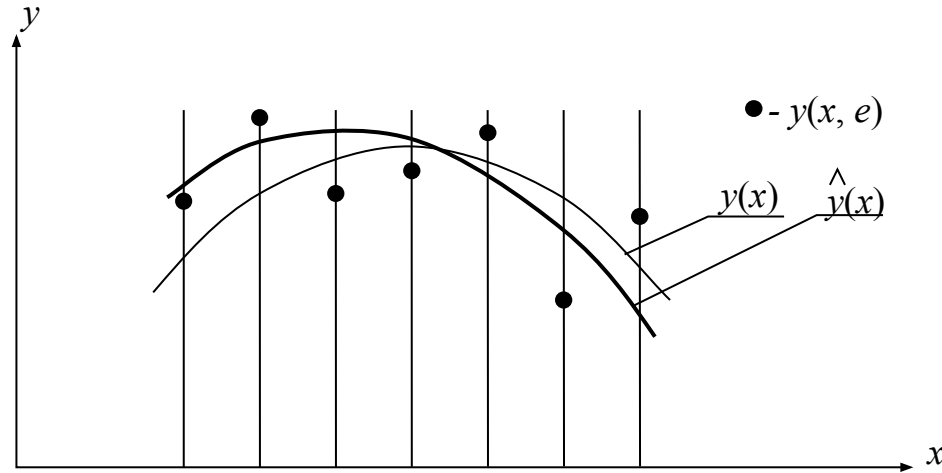
Выбираем наименьшее  $W_2 < W_1 < W_3$  и отображаем точку 2 симметрично относительно линии 1-3 в положение 4

Выбираем наименьшее  $W_1 < W_4 < W_3$  и отображаем точку 1 симметрично относительно линии 3-4 в положение 5

Процедура продолжается пока не будет достигнута точка максимума

Программа расчета координат максимума симплекс-методом для многомерных задач есть в многих пакетах прикладных программ.

.Ошибки эксперимента сравнимы с откликом .2



Применить методы детерминированного поиска экстремума невозможно.  
Используются методы регрессионного анализа

По результатам эксперимента рассчитывается линия регрессии  $\hat{y}(x)$  по критерию минимума СКО  $\sum (\hat{y}(x_i) - y(x_i))^2 = \min$ , и уже по ней определяется точка экстремума.