

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ  
ОПТИМИЗАЦИЯ  
ПИД – РЕГУЛЯТОРА

# Основные понятия и определения

**Структурная оптимизация** - определение оптимальной структуры автоматической системы.

**Параметрическая оптимизация** - определение оптимальных значений параметров элементов автоматической системы заданной структуры.

**Критерий оптимальности** – характерный показатель, по значению которого оценивается оптимальность найденного решения, то есть степень удовлетворения поставленным требованиям.

В одной задаче может быть установлено несколько критериев оптимальности.

# Основные понятия и определения

Если критериев оптимальности несколько – задача называется **многокритериальной**.

**Целевая функция** – функция, описывающая зависимость критерия (или критериев – для многокритериальной задачи) оптимальности от параметров системы и количественно выражающая *качество* объекта.

Внутренние параметры системы, значения которых могут меняться в процессе оптимизации и которые являются *аргументами целевой функции*, называются **регулируемыми параметрами**.

# Постановка задачи оптимизации

Постановки задачи оптимизации включает следующие этапы:

- **Выбор критерия (критериев) оптимальности**
- **Выбор регулируемых параметров (аргументов целевой функции)**
- **Построение целевой функции**
- **Установление ограничений, налагаемых на параметры**

В процессе оптимизации критерий оптимальности может максимизироваться (задача на максимум), или минимизироваться (задача на минимум).

В теории оптимизации принято рассматривать только задачи на минимум, т.к. любая задача на максимум может быть сведена к задаче на минимум путем изменения знака критерия оптимальности.

# Построение целевой функции

Построение целевой функции осуществляется с использованием методов математического моделирования.

Основная проблема постановки задачи оптимизации заключается в построении целевой функции. Сложность выбора целевой функции (функции качества) состоит в том, что объект автоматизации может иметь **несколько критериев оптимальности**, которые образуют **векторный критерий оптимальности**. Как правило, **улучшение одного из критериев оптимальности приводит к ухудшению другого**, так как все критерии оптимальности являются функциями одних и тех же регулируемых параметров и не могут изменяться независимо друг от друга.

# Построение целевой функции

**Целевая функция должна быть одна.** Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной называют **сверткой векторного критерия**.

Если при наличии нескольких критериев оптимальности оптимизация проводится только по одному из критериев, на другие критерии могут накладываться ограничения.

# Условная и безусловная оптимизация

Различают методы **условной** и **безусловной** оптимизации по наличию или отсутствию ограничений.

Если область определения целевой функции неограниченная, т.е. на аргументы целевой функции не наложены ограничения, то экстремум целевой функции называется **безусловным**, а методы поиска – методами **безусловной оптимизации**.

Если область определения целевой функции ограниченная, т.е. на аргументы целевой функции наложены ограничения, то искомый экстремум становится **условным**, а методы поиска – методами **условной оптимизации**.

# Постановка задачи оптимизации ПИД - регулятора

Рассматривается АС с ПИД – регулятором, передаточная функция которого имеет вид  $W_{pez}(p) = k_{r1} + \frac{k_{r2}}{p} + \frac{k_{r3}p}{T_r p + 1}$

- 1. Выбор критерия оптимальности.** В качестве критерия оптимальности, в зависимости от технических требований к АС, можно выбрать время регулирования, величину перерегулирования или запас устойчивости.
- 2. Выбор регулируемых параметров.** В качестве регулируемых параметров в задаче оптимизации выбираем настраиваемые параметры ПИД – регулятора  $k_p, k_i, k_d$
- 3. Построение целевой функции.** Если в качестве критерия оптимальности выбираем время регулирования, то целевая функция имеет вид  $t_p(k_p, k_i, k_d) \rightarrow \min$

Вычисление значений целевой функции осуществляется численными методами с использованием программы, реализованной в Octave (или в Matlab)



# Решение задачи оптимизации ПИД – регулятора в Octave и Matlab

Формально решение задачи оптимизации в данной постановке сводится к нахождению минимума функции трех переменных.

В Octave и Matlab для решение задачи поиска минимума функции нескольких переменных можно использовать функцию **fmincon**, которая находит минимум для скалярной функции нескольких переменных с ограничениями, начиная с начального приближения  $x_0$ . В общем случае, эта задача относится к условной оптимизации.

Синтаксис: **[x, val] = fmincon(fun,x0,A,b)** начинает с начальной точки  $x_0$ , находит значения  $x$ , при которых функция  $fun$  достигает минимума и возвращает минимальное значение целевой функции  $fun$  при условии выполнения ограничений в виде линейных неравенств  $A*x \leq b$ .  $x_0$  может быть скаляром или вектором.

# Решение задачи оптимизации ПИД – регулятора в Octave и Matlab

В Matlab для решения задачи безусловной оптимизации функции нескольких переменных можно использовать функцию **fminsearch**

Код программы в Octave и Matlab для fmincon:

```
x0=[kr1;kr2;kr3];
```

```
A=[1 0 0;0 1 0;0 0 -1];
```

```
ogr=[3;2;-0.01];
```

```
fun=@(x)Treg(x(1),x(2),x(3));
```

```
[R,val]=fmincon(fun,x0,A,ogr)
```

Код программы в Matlab для fminsearch:

```
x0=[kr1;kr2;kr3];
```

```
fun=@(x)Treg(x(1),x(2),x(3));
```

```
[R,val]=fminsearch(fun,x0)
```