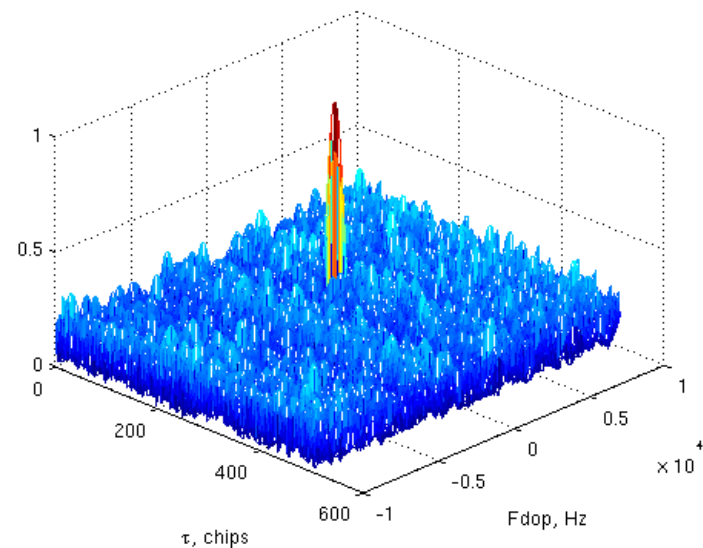
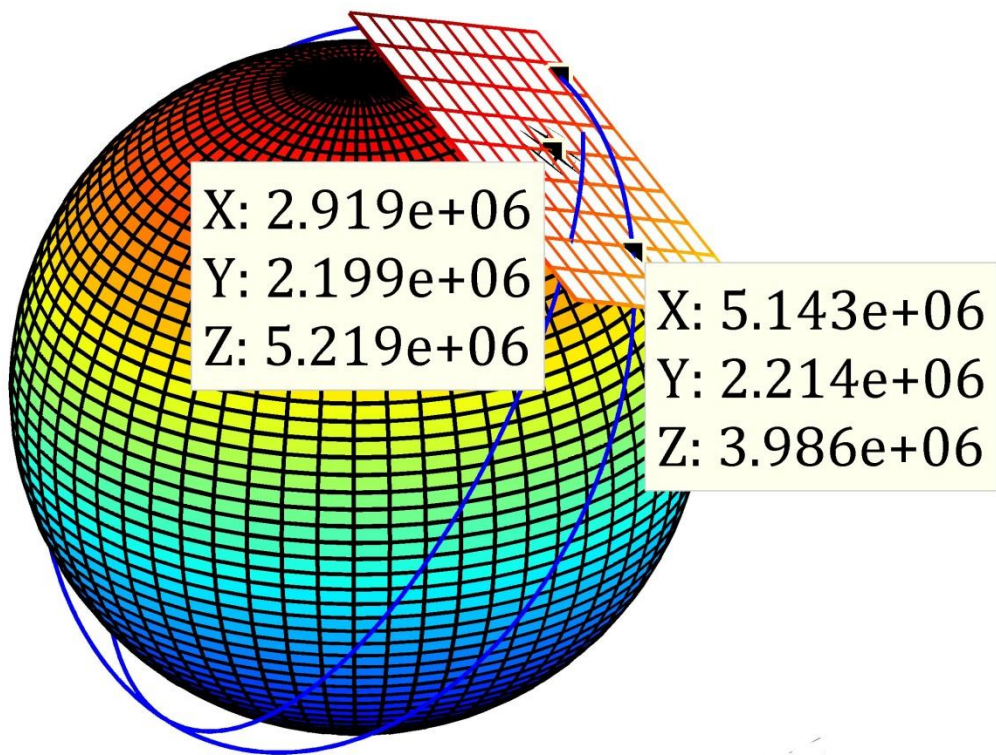


# Математическое моделирование РТУ и С



Преподаватель:  
**Корогодин Илья**  
[korogodin@srns.ru](mailto:korogodin@srns.ru)

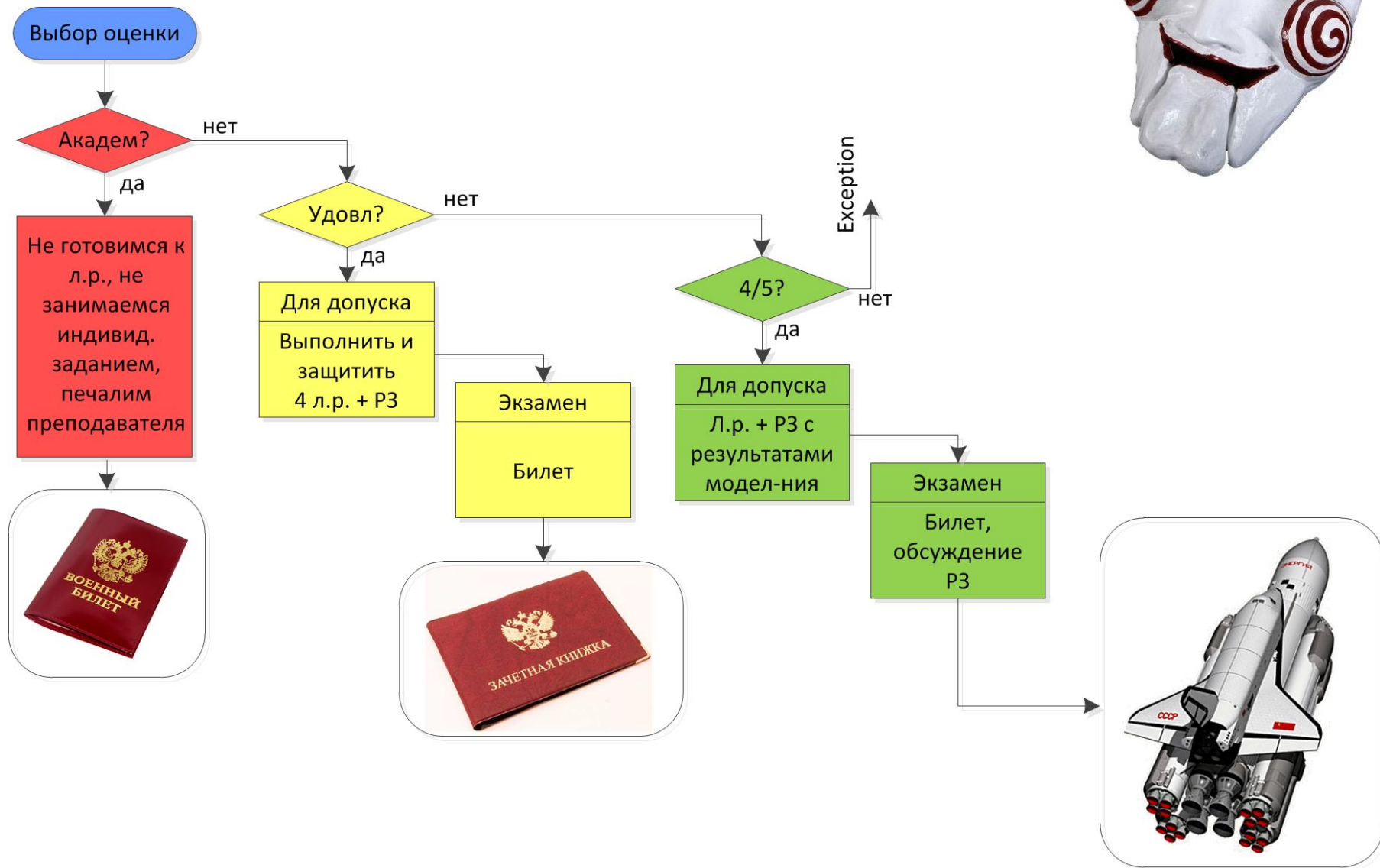
# Цели

- приучить решать каждодневные задачи с помощью моделирования
- получить начальные навыки моделирования в MATLAB/Octave
- структурировать знания по теме моделирования

# Структура курса

	Лекции	Практики	Лабораторные
1	Методология моделирования	SVN, элементарная модель	Модель электрической цепи (метод несущей)
2	Основы MATLAB		
3	Радиосистемы	Доплеровский сдвиг сигнала	
4	Модели сигналов		
5	Преобразование Фурье	Антенная решетка	Модель АФАР (метод комплексных амплитуд)
6	Метод несущей		
7	Линейные звенья	Режектор	
8	Цифровые фильтры		
9	Нелинейные звенья	Моделирование линейных звеньев	Модель обнаружителя сигнала (метод стат.эквивалентов)
10	Метод комплексных амплитуд		
11	Метод стат.эквивалентов	Цифровой фильтр	
12	Формирование СВ		
13	Формирование СП	Стат.эквиваленты	Модель следящей системы (метод информационного параметра)
14	Обработка результатов		
15	Метод информационного парамет.	Формирование СВ и СП	
16	Специализированные средства		

# Правила игры



# Литература

Борисов Ю.П., Цветнов В.В.  
Математическое  
моделирование  
радиотехнических систем и  
устройств. - М.: Радио и  
связь, 1985. 176 с.

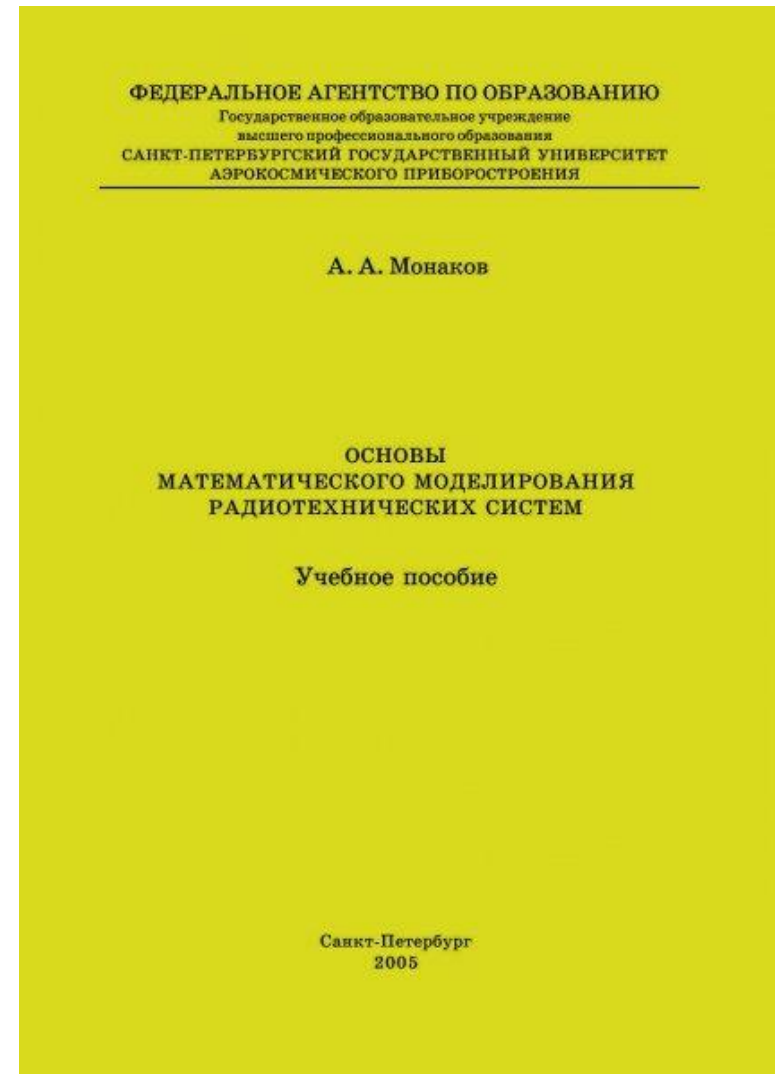
- общая классификация моделирования и РТС;
- декомпозиция РТС;
- этапы моделирования;
- 4 базовых метода моделирования.



# Литература

Монаков А.А. Основы математического моделирования радиотехнических систем. Учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2005. – 100с.

- методы моделирования сигналов;
- моделирование линейных и нелинейных звеньев;
- моделирование СВ и СП;
- обработка результатов.



# Литература

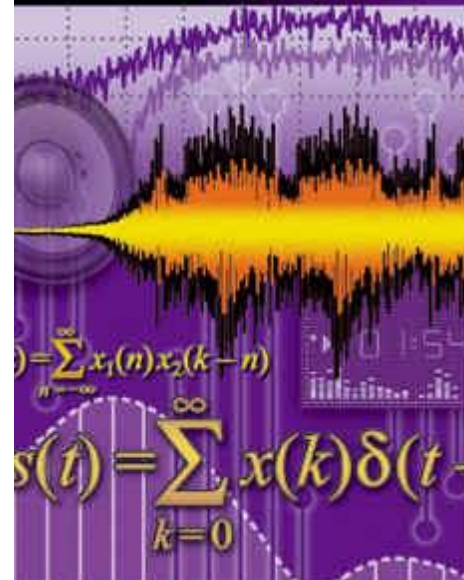
А.Б.Сергиенко. Цифровая обработка сигналов. СПб, Питер, 2002. — 608 с.: ил.

А. Б. Сергиенко

 ПИТЕР

## ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

УЧЕБНИК / ДЛЯ ВУЗОВ



- для студентов и преподавателей высших учебных заведений
- фундаментальный курс, охватывающий основные разделы цифровой обработки сигналов
- сочетание теоретических сведений и практических занятий



# Литература

Ричард Лайонс - Цифровая обработка сигналов /  
Understanding Digital Signal Processing, 2006

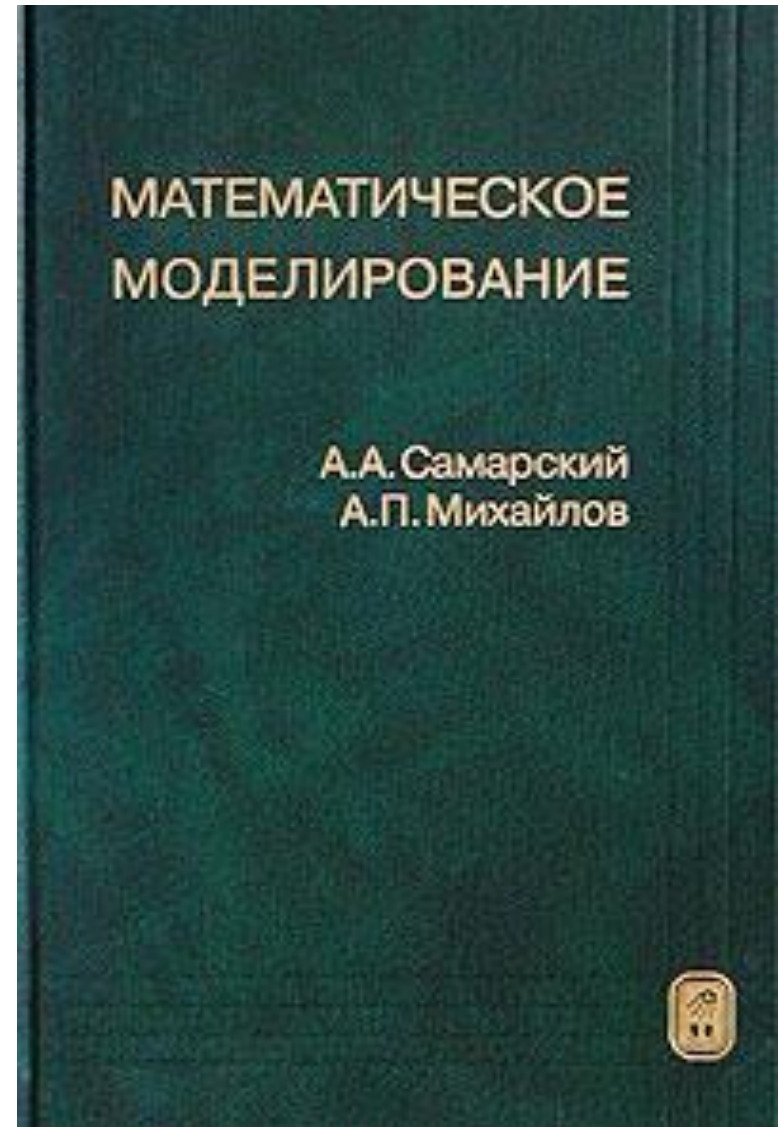




# Литература

Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.

- подготовка математических моделей в различных областях науки и техники;
- труд первых лиц в области моделирования.



# Литература

Help

mesh

Contents Search Results

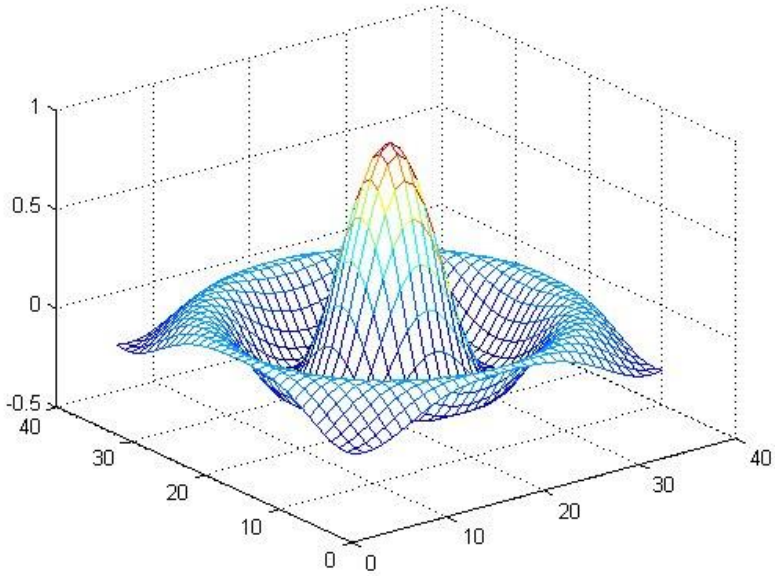
Type	Relevance	Product
fx		MATLAB
<b>mesh</b> - Mesh plot		
mesh(X,Y,Z) draws a wireframe mesh with color determined by Z, so ... mesh(Z) draws a wireframe mesh using X = 1:n and Y = 1:m		
fx		Fixed-Point Toolbox
<b>mesh</b> - Create mesh plot		
Refer to the MATLAB mesh reference page for more		
<b>Mesh Menu</b>		
Mesh Mode ... Enter mesh mode ... Initialize Mesh ... and display an initial triangular mesh ... Refine Mesh ... refine the current triangular		
Partial Differential Equation Toolbox		
<b>Mesh Accelerator</b>		
The mesh accelerator can make a pattern ... iterations required to reach the mesh tolerance ... When the mesh size is below a certain		
Global Optimization Toolbox		
<b>Mesh Options</b>		
Mesh options control the mesh that the pattern search uses ... specifies the size of the initial mesh, which is the length of the ...		
Global Optimization Toolbox		
fx		MATLAB
<b>Surface and Mesh Plots</b>		
Surface and Mesh Creation ... Surface and Mesh Creation ... Remove hidden lines from mesh plot ... mesh ... Mesh plot ... Plot a contour		
MATLAB		
<b>Mesh and Surface Plots</b>		
The mesh and surf commands create 3-D ... mesh(Z) ... color, outlined with black mesh lines, but the shading command ... allows		
MATLAB		
<b>Mesh Expansion and Contraction</b>		
and Contraction factor options, in Mesh options, control how much the mesh size is expanded or contracted at ... the pattern search		
Global Optimization Toolbox		
<b>The Mesh Refiner</b>		
The Mesh Refiner		
Partial Differential Equation Toolbox		
<a href="#">Search Online Support for mesh</a>		

fx > MATLAB > Functions > 3-D Visualization > Surface and Mesh Plots > Surface

## Examples

Evaluate  $\sin(r)/r$ , or the *sinc* function

```
figure;  
[X,Y] = meshgrid(-8:.5:8);  
R = sqrt(X.^2 + Y.^2) + eps;  
Z = sin(R)./R;  
mesh(Z);
```



A 3D surface plot of the sinc function,  $Z = \sin(R)/R$ , where  $R = \sqrt{X^2 + Y^2}$ . The plot shows a central peak at  $(0,0)$  with a maximum value of 1, surrounded by a series of smaller, decaying oscillations. The surface is colored with a gradient from blue (low values) to yellow (high values). The axes are labeled with values from -40 to 40.

Displaying the *sinc* function between -8 and 8 on a 2-D grid

```
figure;  
mesh(X,Y,Z);
```

# Литература

Дьяконов В. П.  
MATLAB 7.\*/R2006/R2007:  
Самоучитель. – М.: ДМК  
Пресс, 2008. – 768 с.: ил.

- работа с матрицами,  
векторами;
- обзор функций;
- вывод графиков;
- создание  
пользовательского  
интерфейса



# Модель

Девушка-модель



.Свойство1  
.Свойство2  
.Свойство3  
...  
.СвойствоN

**Мы обладаем селекцией – из  
окружающего нас мира умеем  
выделять объекты и  
описывать их набором  
свойств**

# Модель

Девушка-модель



- .Свойство1
- .Свойство2
- .Свойство3
- ...
- .СвойствоN

Модель девушки



- .Свойство1
- ~~.Свойство2~~
- .Свойство3
- ...
- ~~.СвойствоN~~

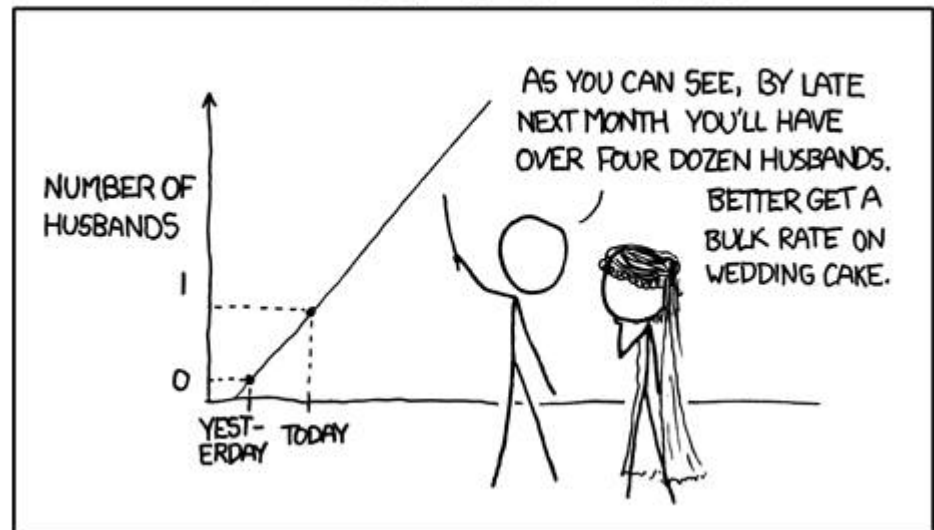
# Предсказание



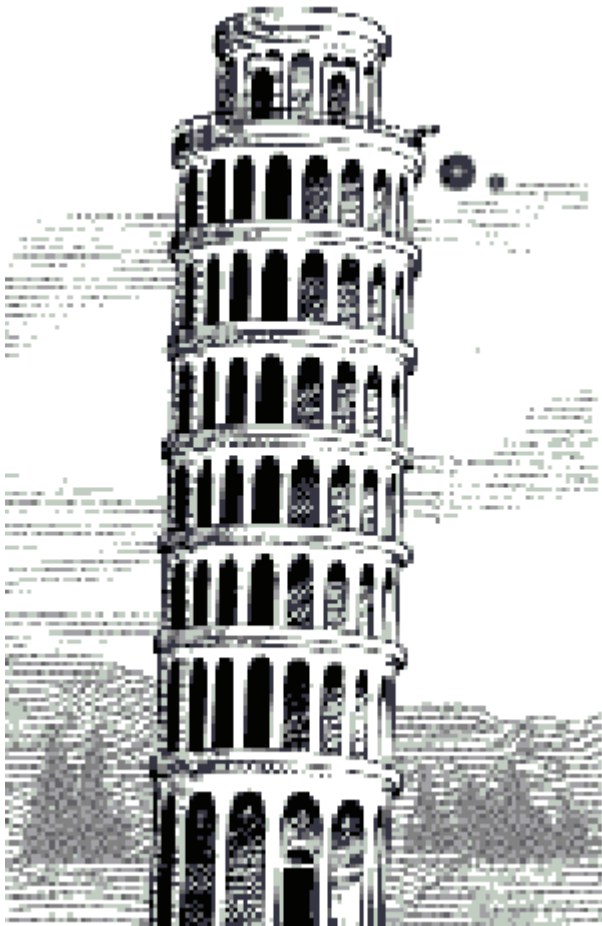
От возможности предсказать поведение окружающих нас объектов в тех или иных условиях зависят как наше выживание, так и действия

Ваша ценность как специалистов определяется вашей возможностью предсказать свойства объекта вашей профессиональной деятельности; выбрать решения, приводящие к цели

MY HOBBY: EXTRAPOLATING



# Модели бывают разные



- **натурный макет**



- **математическая модель**

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = g, \quad x(t_0) = x_0, \quad \frac{dx}{dt}(t_0) = V_0$$

- **имитационная модель**

$$x_k = x_{k-1} + V_{k-1}T, \quad x_0 = 20,$$

$$V_k = V_{k-1} + gT, \quad V_0 = 0.$$

- **компьютерная имит. модель**

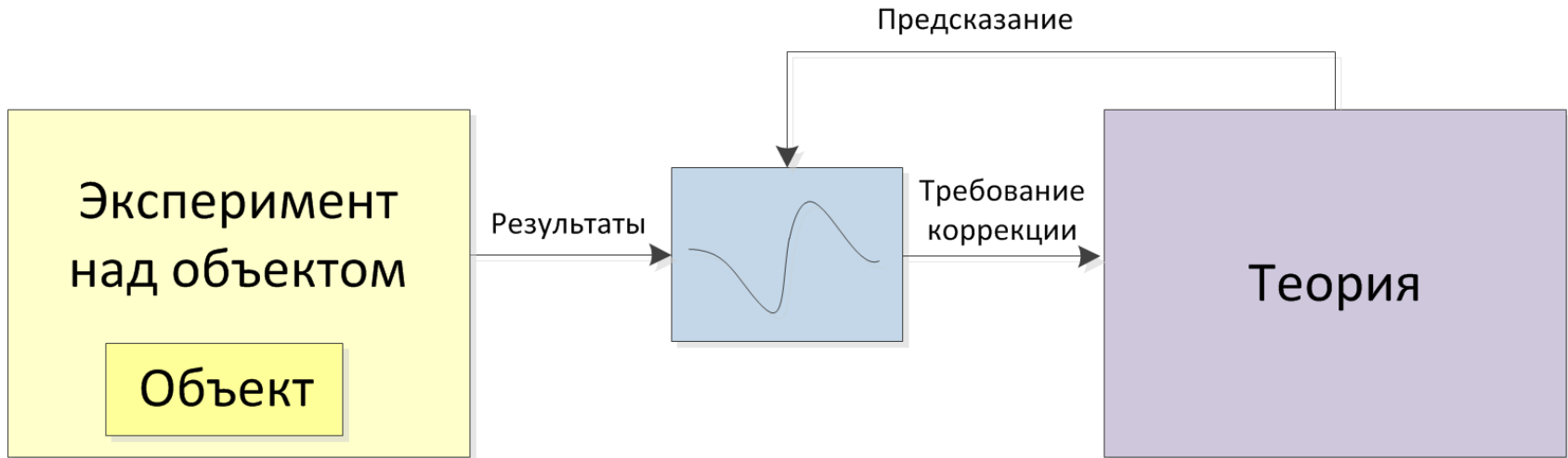
$$x = [20; 0];$$

**for** k = 1:K

$$x = F*x + G*g;$$

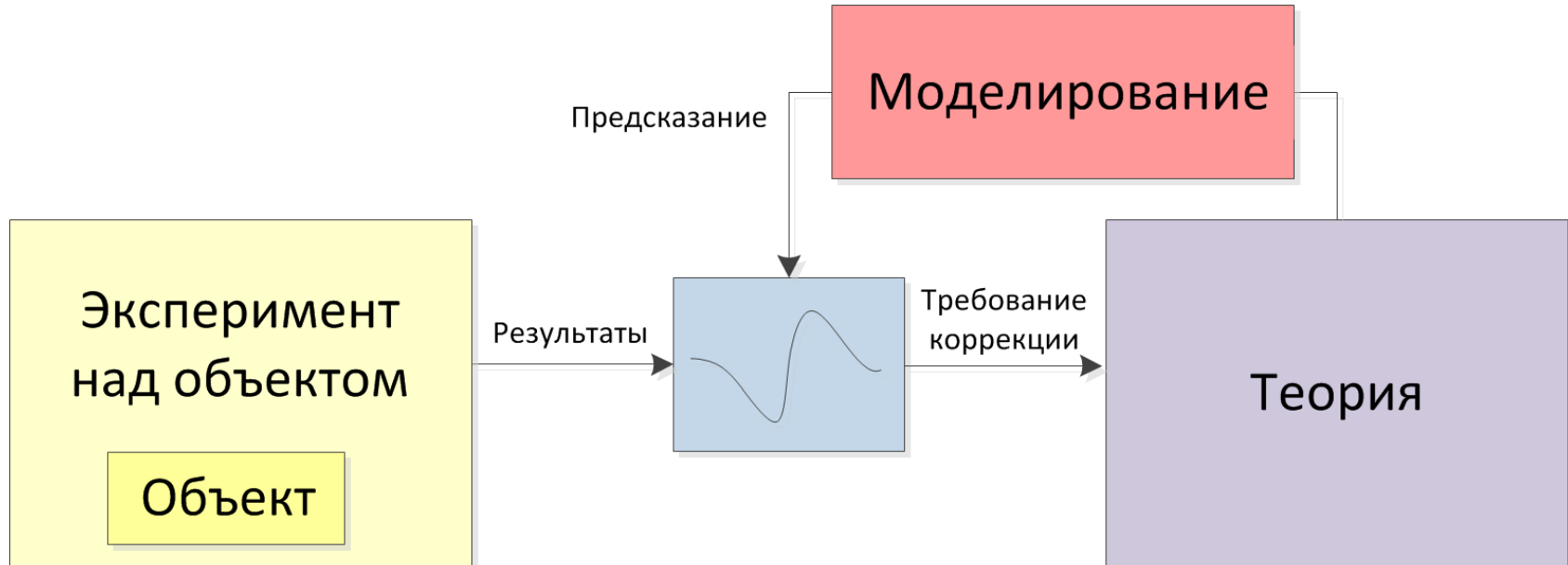
**end**

# В науке

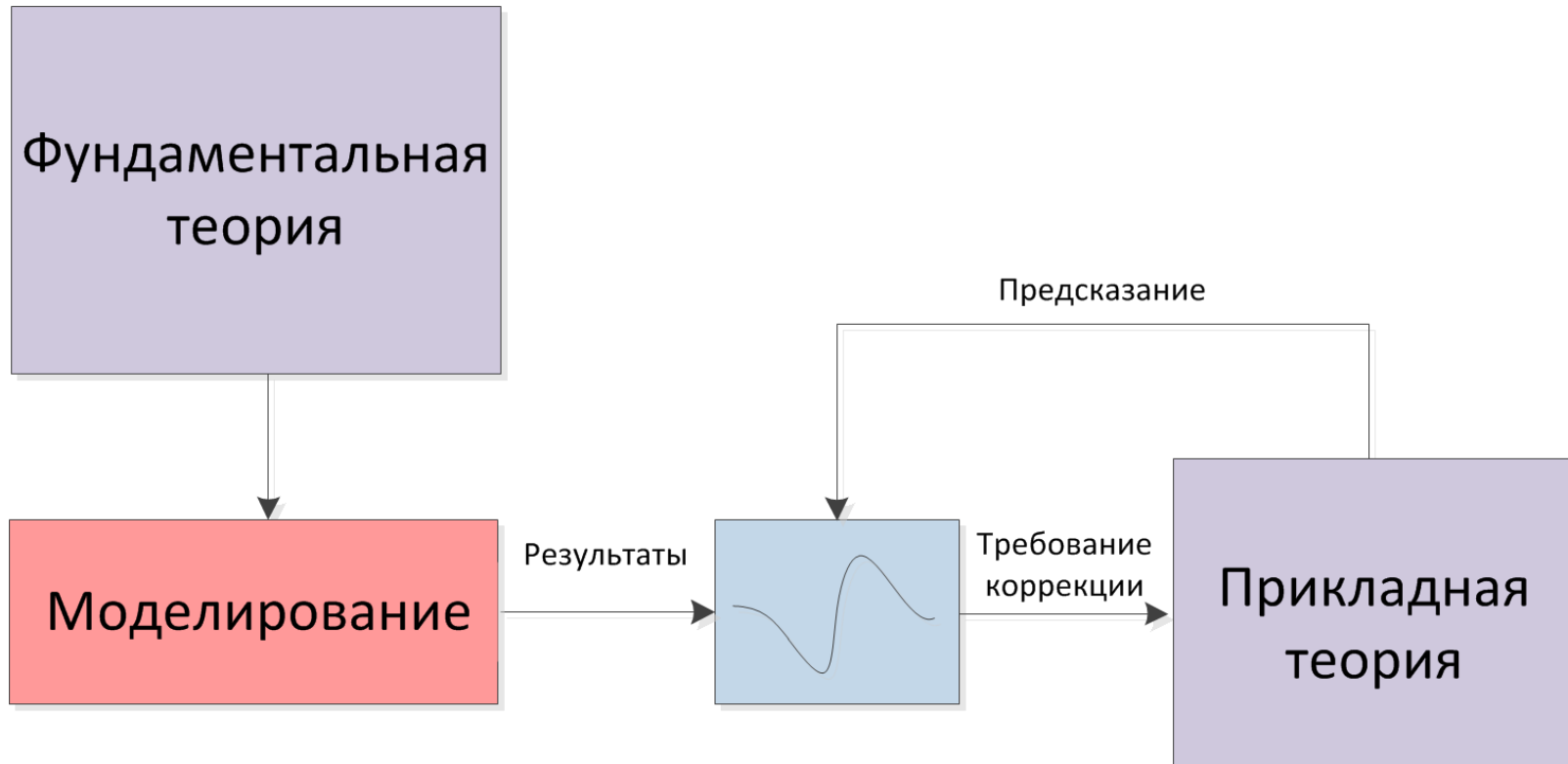




# В науке



# В науке



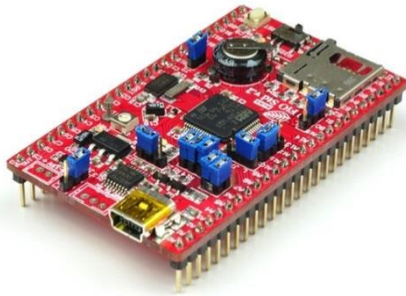
# Модельно-ориентированное проектирование (MBD)



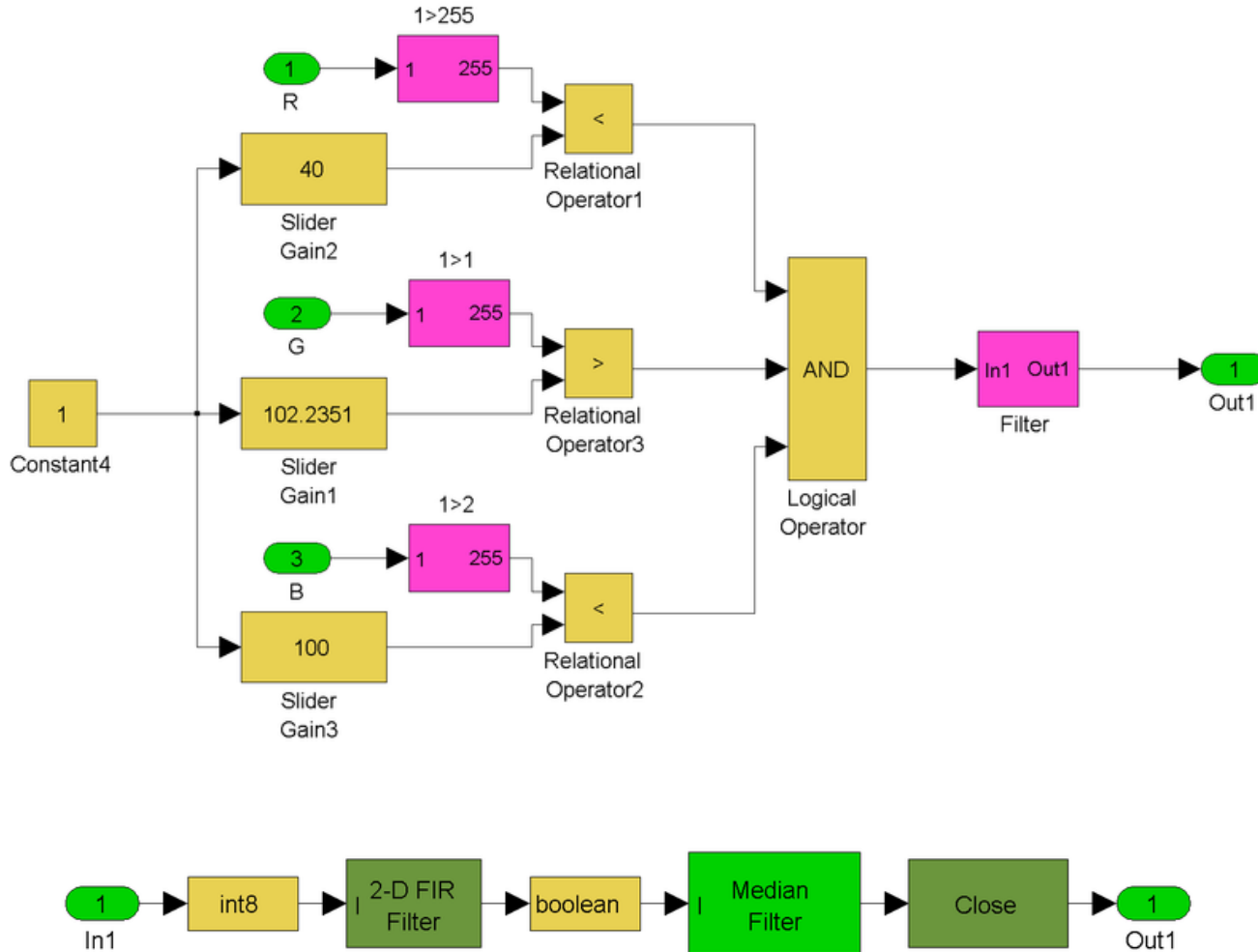
# Модельно-ориентированное проектирование (MBD)



# Модельно-ориентированное проектирование (MBD)

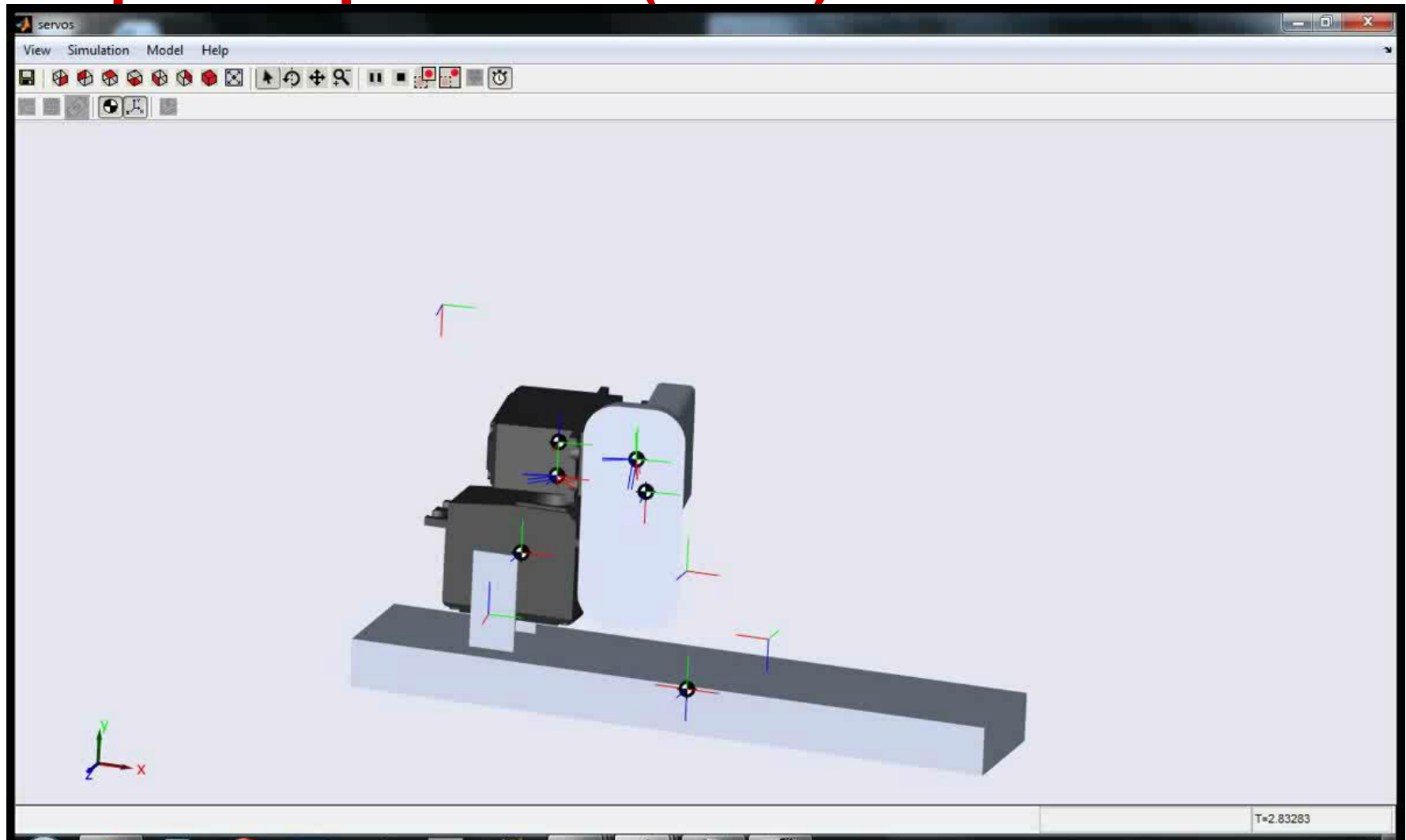


# Модельно-ориентированное проектирование (MBD)



- [-] **Пакетный файл Windows**
  - Host\_turel\_2.bat
  - setup\_msvc100free.bat
- [-] **C Source**
  - Host\_turel\_2\_acc.c
  - Host\_turel\_2\_acc\_data.c
  - rt\_nonfinite.c
  - rtGetInf.c
  - rtGetNaN.c
- [-] **C/C++ Header**
  - Host\_turel\_2\_acc.h
  - Host\_turel\_2\_acc\_private.h
  - Host\_turel\_2\_acc\_types.h
  - rt\_nonfinite.h
  - rtGetInf.h
  - rtGetNaN.h
  - rtwtypes.h
- [-] **Ярлык**
  - Host\_turel\_2.lnk
- [-] **MAT File**
  - buildInfo.mat
  - rtwtypeschksum.mat
- [-] **Makefile**
  - Host\_turel\_2.mk
- [+] **Object File**
- [+] **Файл "RSP"**
- [+] **Файл "TMW"**
- [+] **Текстовый документ**

# Модельно-ориентированное проектирование (MBD)

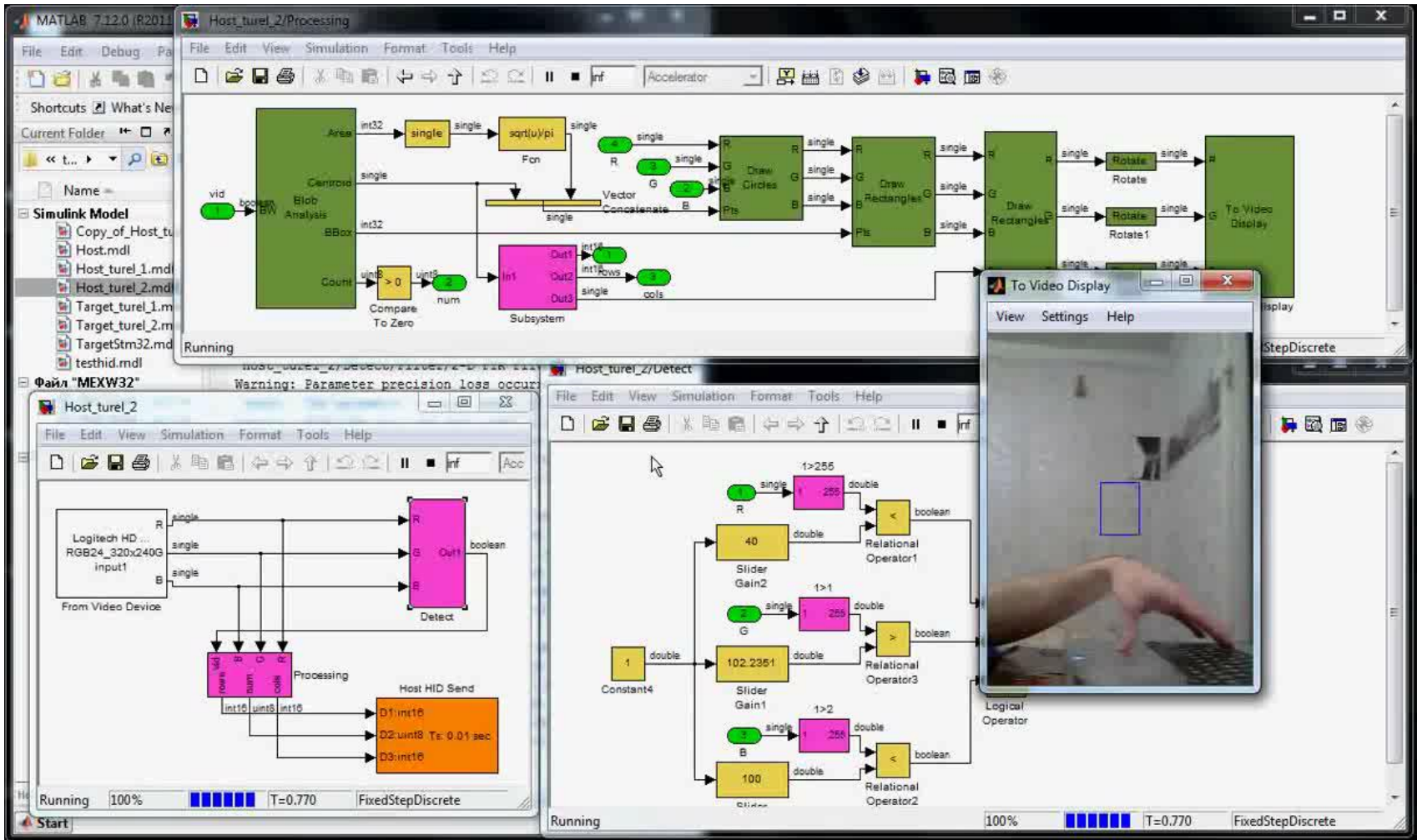


# Модельно-ориентированное проектирование (MBD)

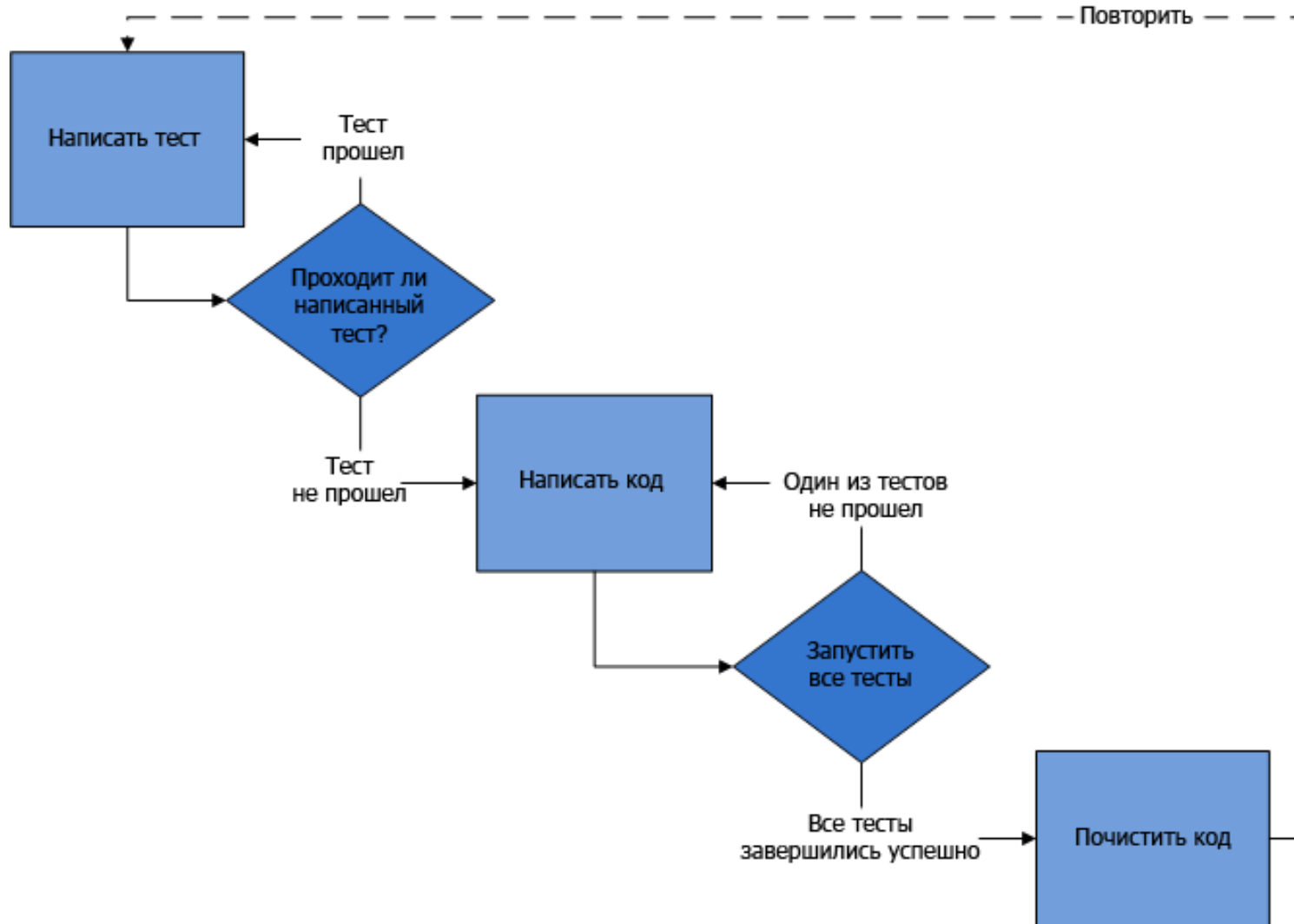




# Модельно-ориентированное проектирование (MBD)



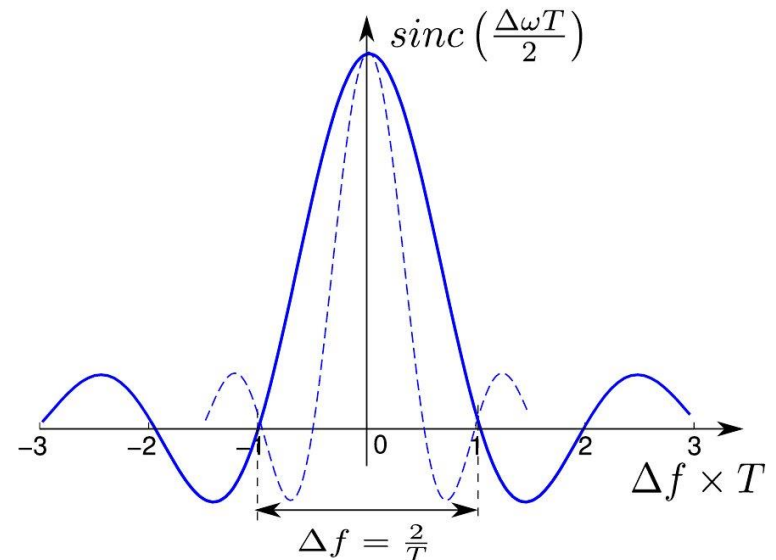
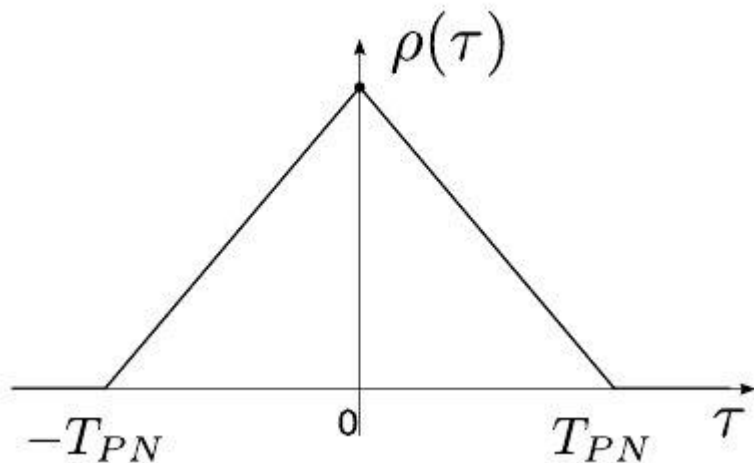
# Разработка через тестирование (TDD)



# Разработка через тестирование (TDD)

Пример: разрабатываем программный блок поиска сигнала

Для получения мощного отклика на выходе коррелятора необходимо согласовать опорный сигнал с принимаемым по задержке и частоте

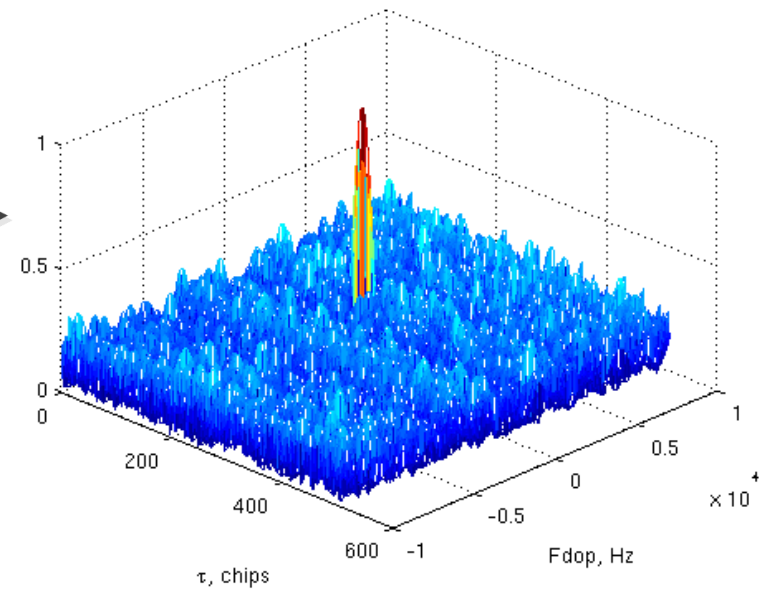
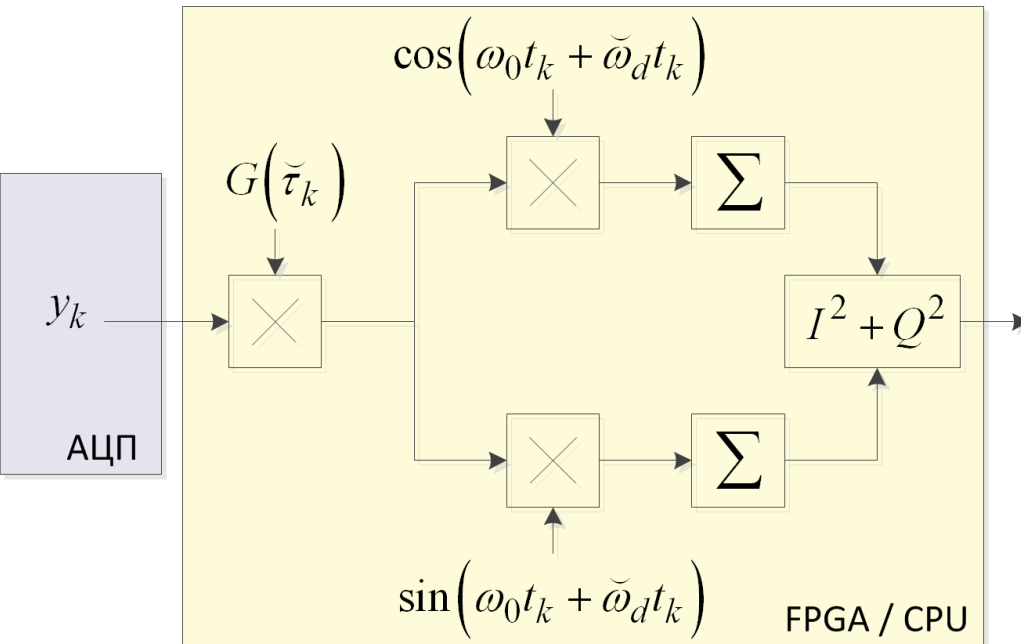


# Разработка через тестирование (TDD)

Задержка

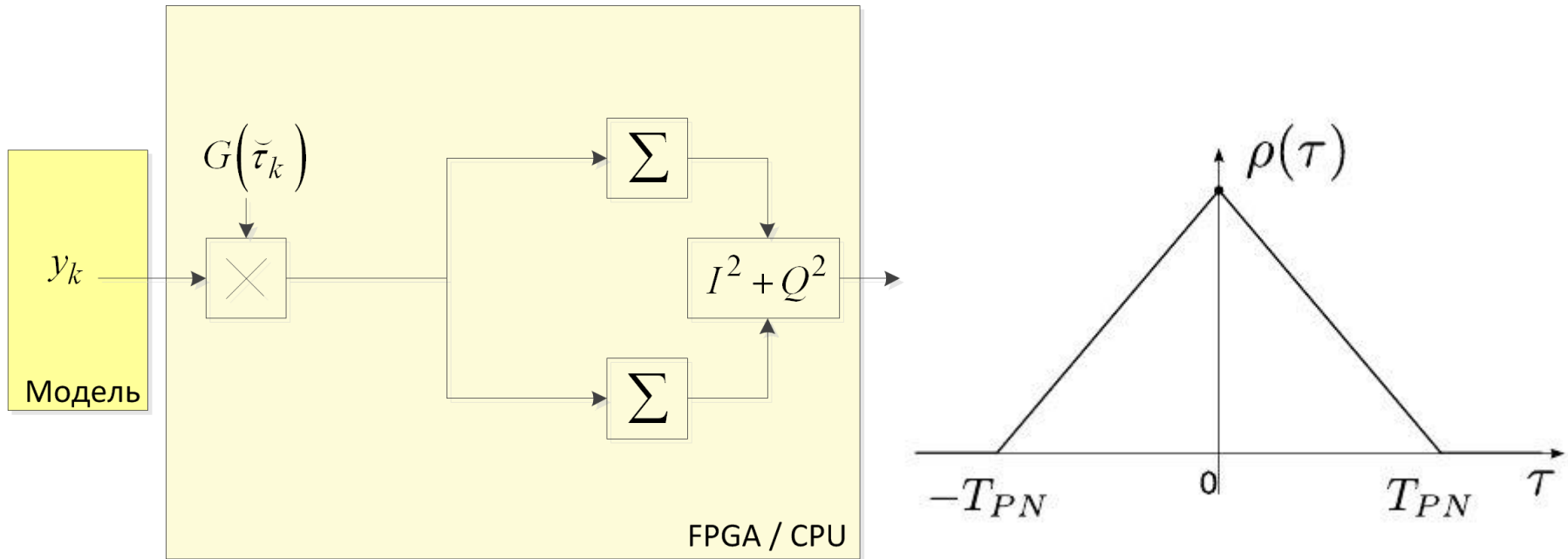
$$y_k = A_k G_k(\tau) \cos(\omega_{if} t_k + \omega_d t_k) + n_k$$

Частота



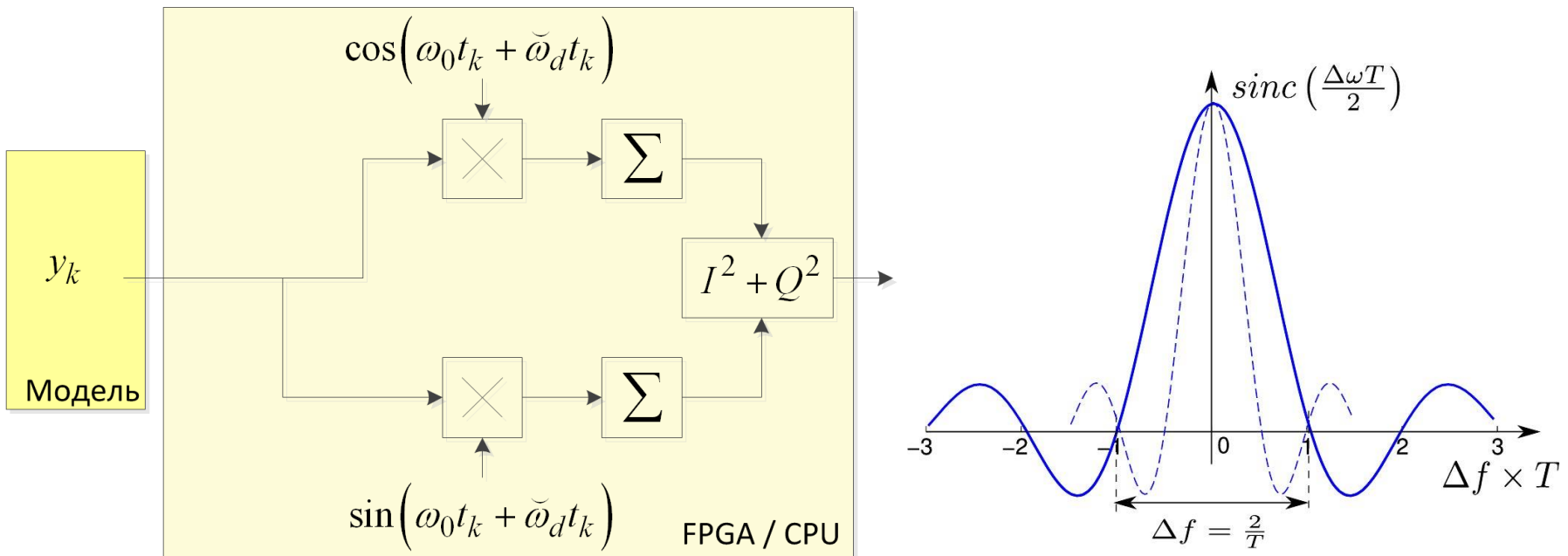
# Разработка через тестирование (TDD)

$$y_k = A_k G_k (\tau)$$



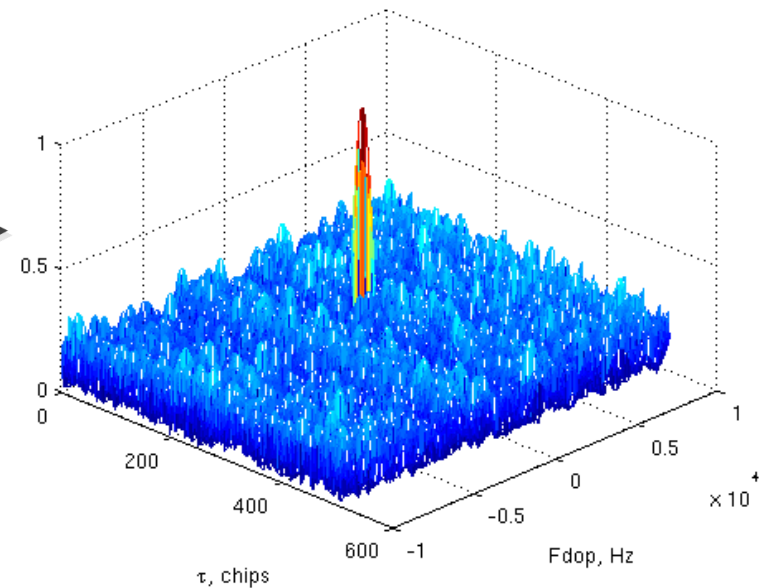
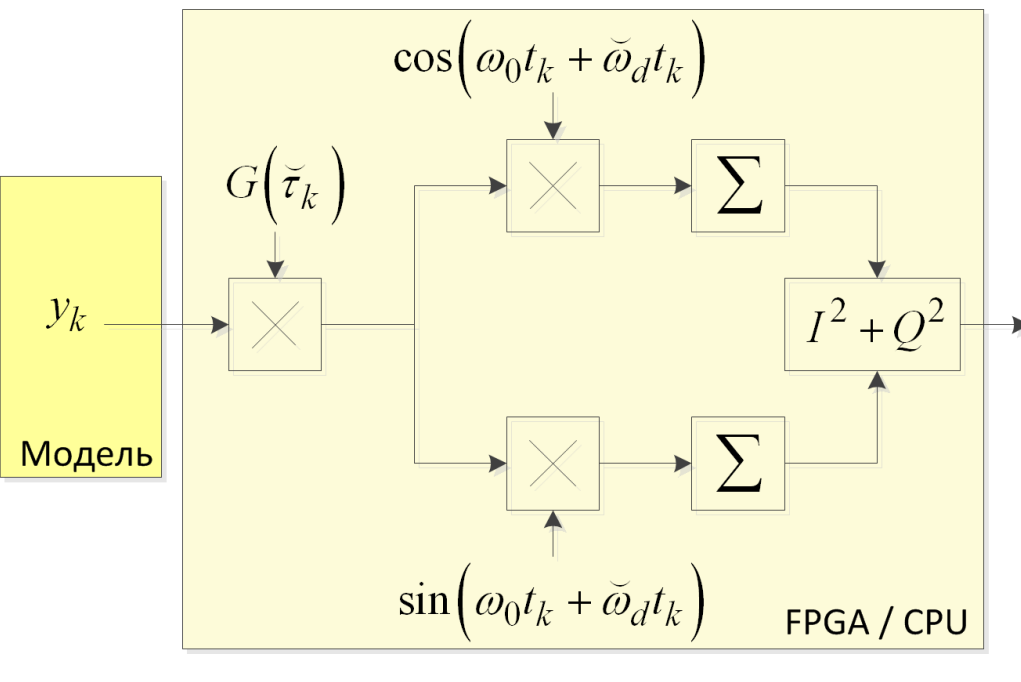
# Разработка через тестирование (TDD)

$$y_k = A_k \cos(\omega_{if} t_k + \omega_d t_k)$$

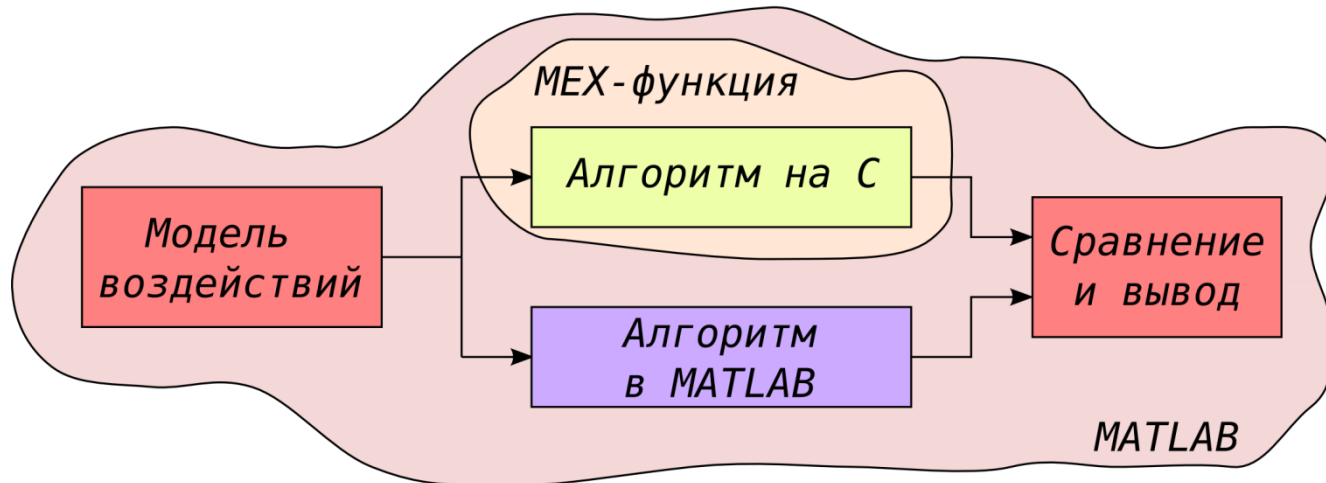
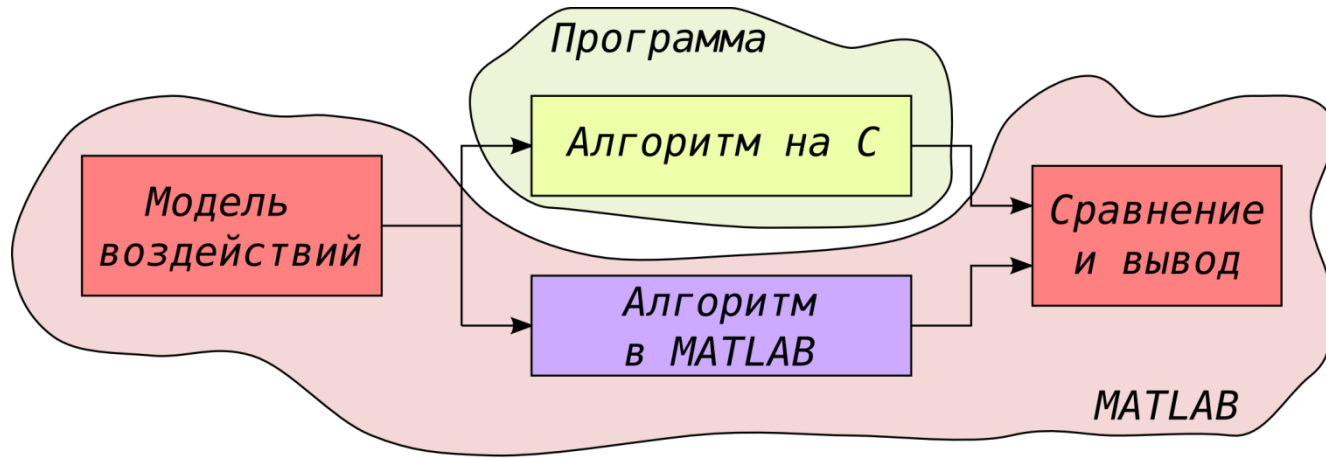


# Разработка через тестирование (TDD)

$$y_k = A_k G_k(\tau) \cos(\omega_{if} t_k + \omega_d t_k) + n_k$$

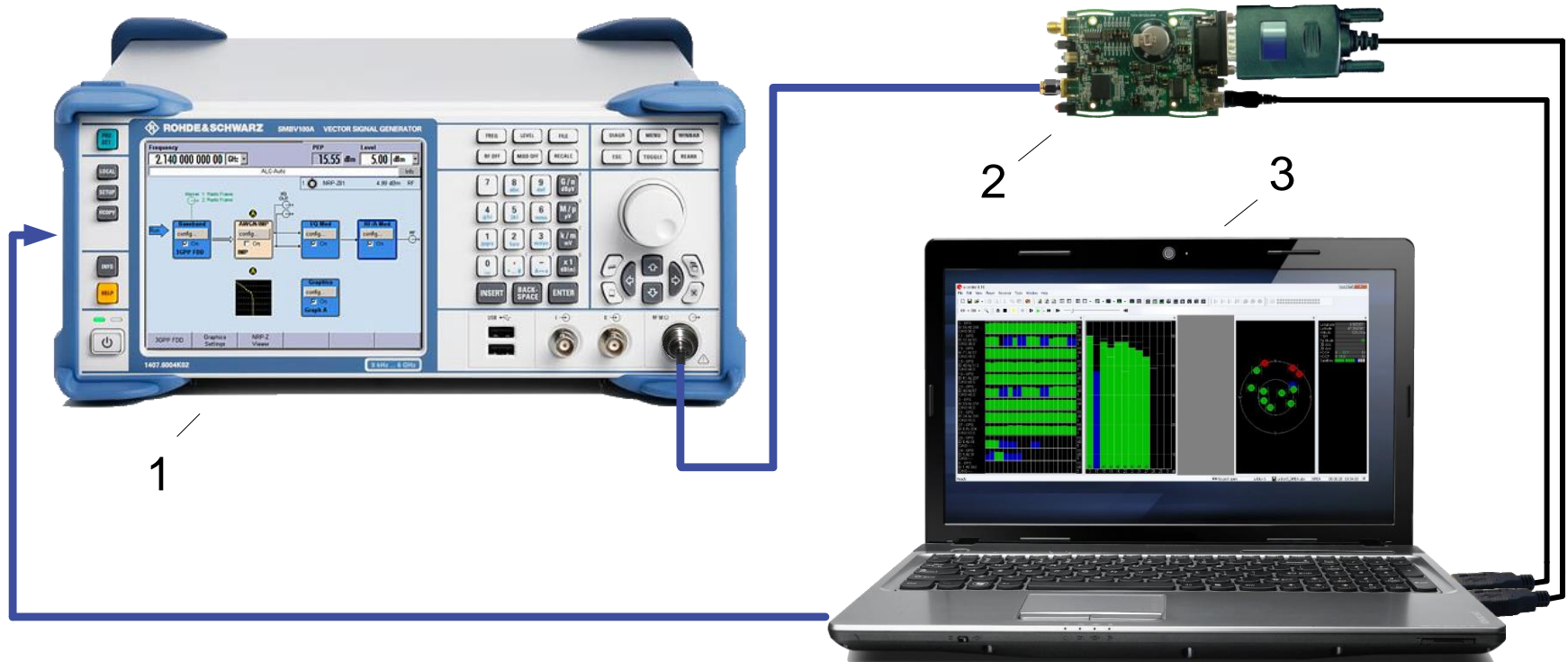


# Разработка через тестирование (TDD)

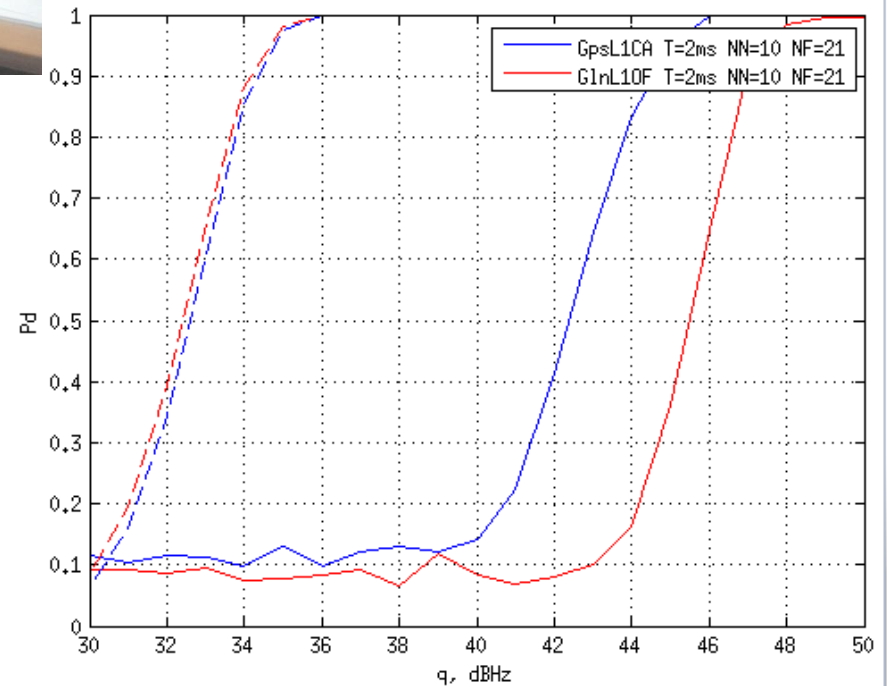




# Hardware in the loop (HIL)



# Hardware in the loop (HIL)



# Процедура моделирования



**Для процедуры математического моделирования характерен ряд этапов и их итеративное повторение**

# Процедура моделирования



Какие новые знания  
требуется получить?

Какие ограничения и  
допущения?

Какими априорными  
знаниями можно  
воспользоваться?

Главный принцип:

**KISS**

**Keep It Short and Simple!**

Пример:

Определить порог в пред. прим.

Дана вероятность ложной тревоги

Погрешность – 1 дБ

Дана модель наблюдений

# Процедура моделирования



Декомпозиция системы

Поиск/составление  
математического описания  
элементов с учетом  
выбранных ограничений

И снова:

**KISS**

Углубляйтесь, если значительно  
изменится результат

Пример:

$$I \sim N\left(0, \frac{\sigma_n^2 L}{2}\right), Q \sim N\left(0, \frac{\sigma_n^2 L}{2}\right),$$

$$M[IQ] = 0, U = I^2 + Q^2$$

# Процедура моделирования



```
Editor - thresh.m
1 - clear all; close all; clc
2 - std_n = 8; % СКО шума на выходе АЦП
3 - L = 10000; % Число суммирований в корр.
4 - Pf = 0.001; % Вероятность ЛТ
5
6 - std_IQ = std_n * sqrt(L/2); % СКО шума
7 - J = 100000; % Число экспериментов
8
9 - M = 10; % Ячеек по частоте
10 - N = 1024; % Ячеек по задержке
11 - maxU = nan(1, J); % Инициализация памяти
12 - for j = 1:J
13 -     I = std_IQ * randn(M, N);
14 -     Q = std_IQ * randn(M, N);
15 -     U = I.^2 + Q.^2;
16 -     maxU(j) = max(max(U));
17 - end
18
19 - R = std_IQ^2; % Очень низкий порог
20 - while sum(maxU > R) / J > Pf
21 -     R = R * 1.05; % Увеличиваем на 0.2 дБ
22 - end
23
24 - figure(1);
25 - d = max(maxU) - min(maxU);
26 - hist(maxU, min(maxU):d/100:max(maxU))
27 - hold on; plot( [R R], get(gca, 'YLim'), 'r'); hold off
28 - xlabel('max U');
29 - fprintf('Threshold is %f\n', R)
```

# Процедура моделирования



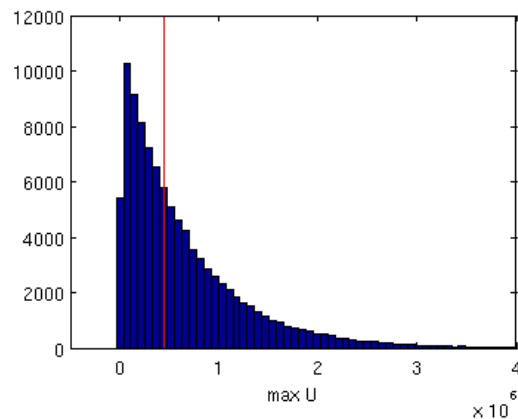
Проверяем модель на аналитических решениях

Возьмем поле 1x1, тогда  $\max U \sim \text{Chi-квadrat}$

Возьмем вероятность ЛТ 0.5, тогда порог – медиана.

Wiki: 

Median	$\approx k \left(1 - \frac{2}{9k}\right)^3$
--------	---



Command Window

```
Threshold is 444743.955433  
>> 2*(1 - 2/9/2)^3 * std_IQ^2  
ans =  
4.4949e+05
```

**WIN!**  
**Разница**  
**как раз**  
**0.02 дБ**

# Процедура моделирования



При постановке задачи мы определили рамки объекта и цели нашего исследования.

Часто первые результаты моделирования показывают, что принятая математическая модель не учитывает детали, важные для конечного результата.

В этом случае приходится дополнять математическую модель, вносить изменения в компьютерную модель, повторять её отладку.

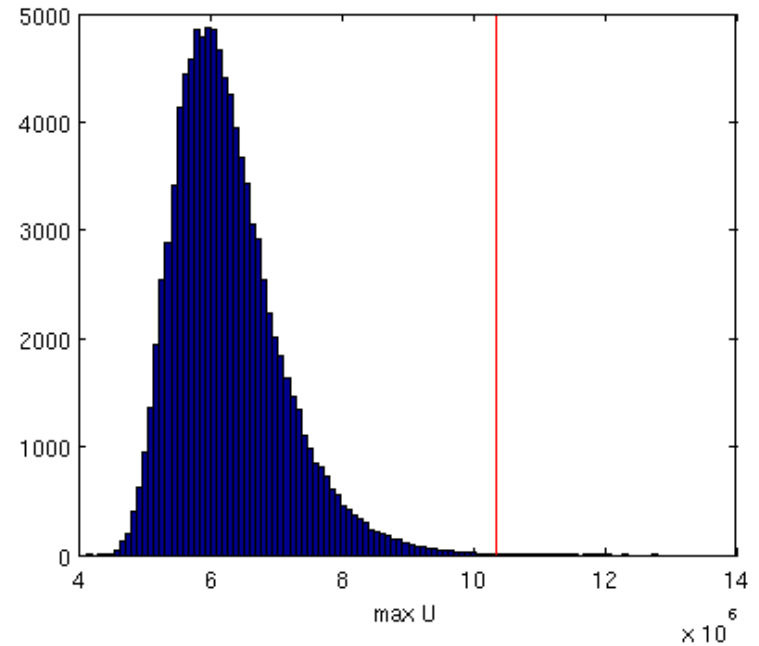


# Процедура моделирования



Определиться с диапазоном входных параметров, мощностью набора статистики

Провести моделирование



Command Window

Threshold is 10348919.829917

# Процедура моделирования



Получили ответы на вопросы?

Тогда оформляем:

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УО «ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»



ОТЧЕТ  
по НИР на тему: «Зоотехническая оценка эффективности  
применения обогревательных плит при выращивании поросят-  
сосунков»

(промежуточный)

Обычно же приходит понимание, что в постановке задачи есть упущение...

