



Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина

Кафедра автоматизированных систем управления

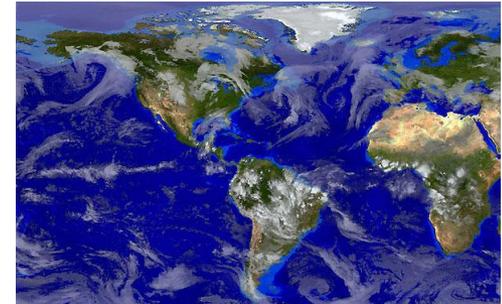
# Нелинейные модели. Подходы к имитационному моделированию.

*Асс. Мухина А. Г.*

**Г.  
Москва  
2018 г.**

# О феноменологических моделях

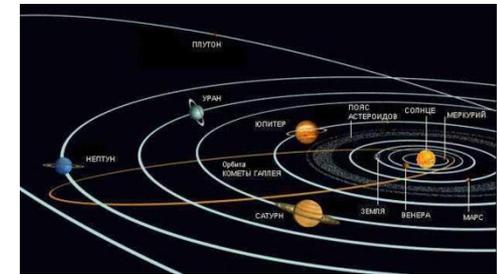
- Задача решена **феноменологически**<sup>1</sup>, если:



*Метеорологические явления как пример феноменологического моделирования*

- ✓ **структура** изучаемого объекта **неточна**;

- ✓ **процессы**, протекающие на микроскопическом уровне, **труднодоступны для наблюдений**;



*Феноменологическая теория ЦИКЛОВ В ДВИЖЕНИИ ПЛАНЕТ*

- ✓ **физические механизмы**, управляющие поведением системы, **неизвестны**

▶ <sup>1</sup> – От англ. «phenomena» - эффект, явление

# Анализ подобия и размерности

---

- Установление особого класса **автомодельных решений** математической формулировки задачи, отражающих физические закономерности изучаемого явления.

- Пусть

$a = f(a_1, \dots, a_n)$  – функция от  $n$  параметров  
разной  $k$  – размерности, причём они независимы

- Тогда согласно  $\pi$ -теореме, задача сводится к **нахождению функции  $n-k$  безразмерных аргументов  $\pi_1, \dots, \pi_{n-k}$** , для определения которой достаточно  $10^{n-k}$  опытов.
- 



# Автомодельные решения

---

- Решение некоторой системы или уравнения двух независимых переменных, в которое независимые переменные  $x$  и  $t$  входят не произвольным образом, а лишь **в комбинации**:

$$\begin{cases} \xi = \frac{x}{t} \\ f(x, t) = f(\xi), \end{cases}$$

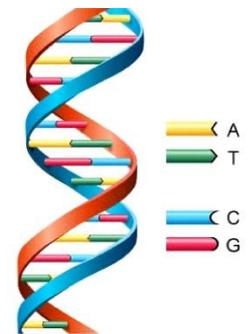
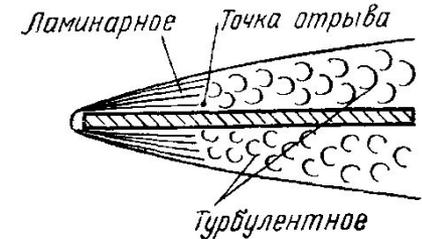
- где  $\xi$  - автомодельная переменная;  $f$  - любая функция исходной системы или уравнения.
- 
- 

# Имитационное моделирование (ИМ). Причины обращения

---

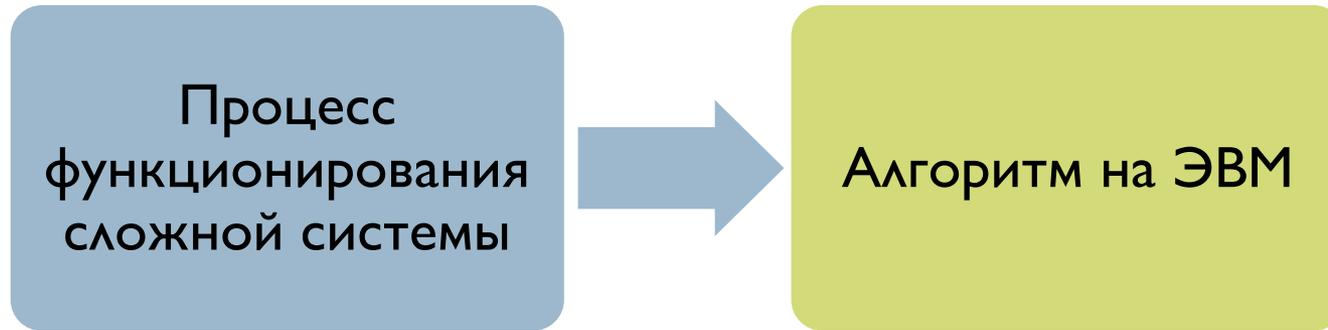
Модели, имитирующие поведение реального объекта, используются, если:

- 1) отсутствует завершённая постановка задачи;
- 2) математику расчётов сложно реализовать в явном виде;
- 3) интересует поведение отдельных компонентов системы;
- 4) наблюдение за явлением в реальности достаточно сложно (продуктивный пласт, движение флюида по трубопроводу, ДНК);
- 5) необходима проверка новых стратегий и правил.

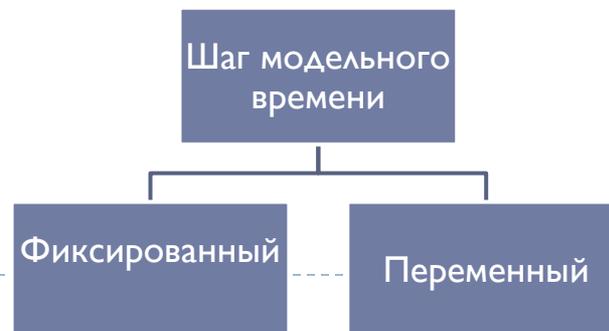


# Концепция имитационного моделирования

---

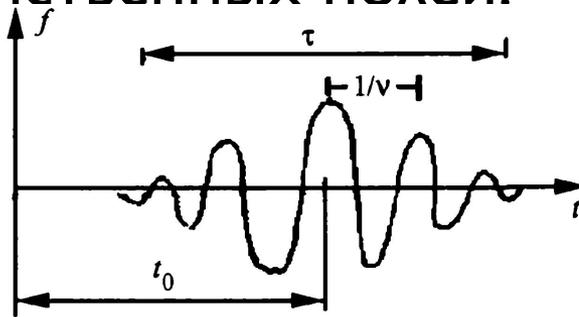


- ✓ Максимальное использование информации о системе;
- ✓ Модель как структуры системы, так и **времени функционирования**:
  - 1) **реального**;
  - 2) **модельного (синхронизация событий)**;
  - 3) **машинного (затраты временных ресурсов)**.



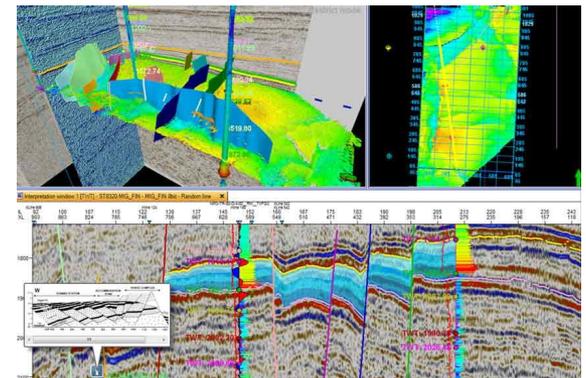
# Вейвлет-анализ

- Проблема анализа сейсмических сигналов, в которых требуется выделить как **время (положение)** всплеска в сигнале, так и его **спектральный состав (масштаб)**.
- Вейвлеты используются как при анализе временных сигналов, так и при исследовании структуры пространственных полей.



*Функция Габора*

*как пример вейвлет-представления.*



*4D-сейсмика.*

# Использование фрактальных характеристик при анализе объектов нефтегазодобычи

---

**Фрактальные характеристики** временных рядов замеров (применяются в качестве диагностических критериев, определяющих состояние объектов управления):

- Размерность Хаусдорфа (дробная);
- Показатель Херста (Hurst Exponent -  $H$ ).

Для последовательностей, имеющих фрактальные свойства, величина показателя степени Херста должна отвечать условию  **$0,55 < H < 0,95$** .

## **Иновации:**

$D_\mu$  – размерность мин. покрытия;  $\mu$ - индекс фрактальности. Минимальный масштаб, необходимый для определения  $\mu$  с приемлемой точностью, на два порядка меньше, чем соответствующий масштаб для определения показателя Херста  $H$ .

Таким образом,  $\mu(t)$  – индикатор локальной стабильности временного ряда.  **$\mu = 1 - H$  (при  $D \equiv D_\mu$ ).**

---



---

Благодарю за внимание!

---

