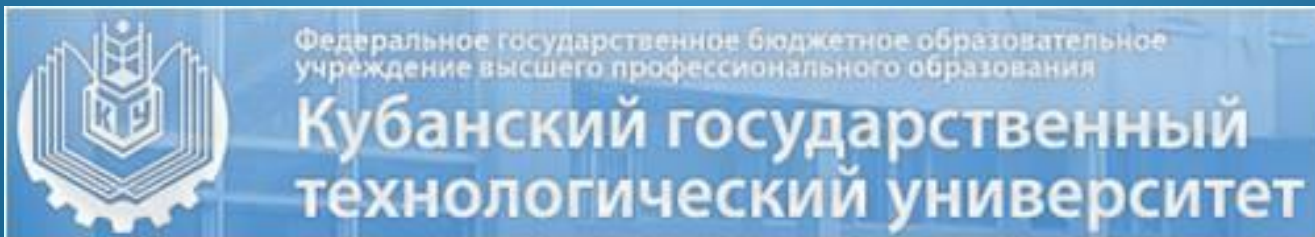


# Классификация моделей. Технологии моделирования

Выполнил Ежов А.Д.



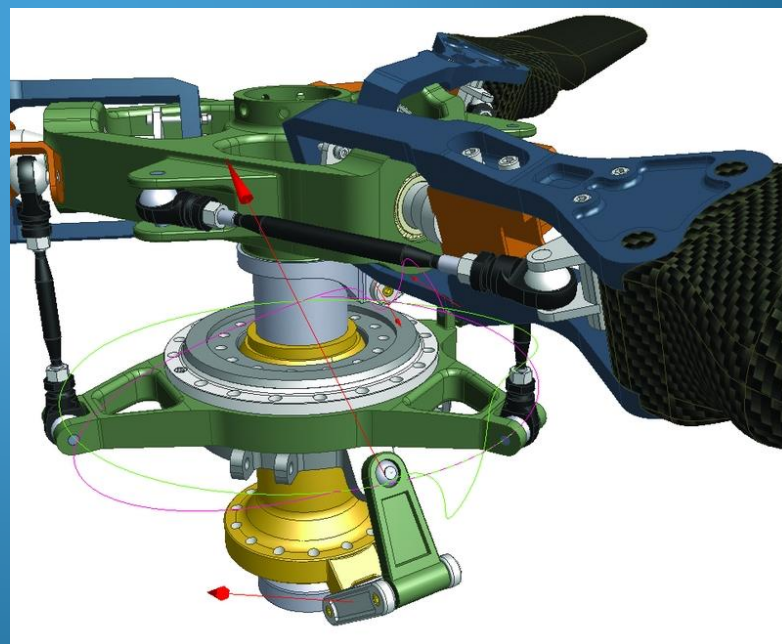
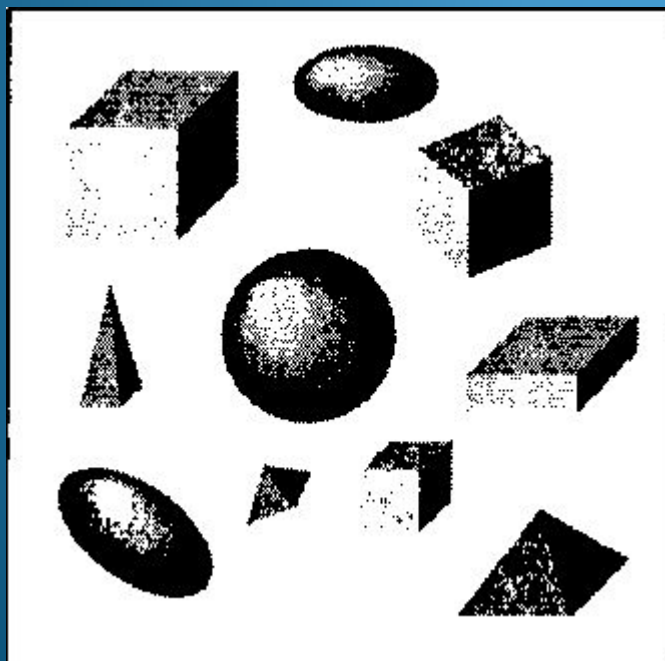
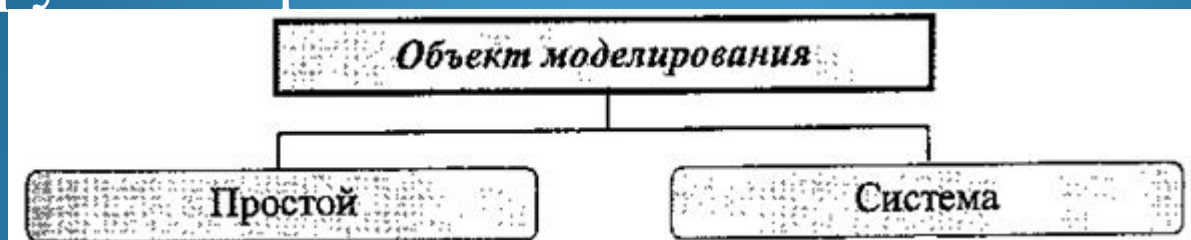
## *1.1 Классификация математических моделей*

Анализ литературных источников по моделированию позволяет классифицировать математические модели по следующим признакам :

1. Сложность объекта моделирования.
2. Оператор моделирования (подмодель).
3. Входные и выходные параметры модели.
4. Цели моделирования.
5. Метод реализации модели.

# 1. Сложность объекта

Все объекты моделирования можно разделить на две группы: простые объекты и объекты-системы.



## При моделировании простых объектов

не рассматривается внутренне строение объекта, не выделяются составляющие его элементы или под процессы. Простым объектом, например, является материальная точка в классической механике. Для сложных систем характерно наличие большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. Их поведение многовариантно. При моделировании объектов-систем возникают большие трудности. Модели объектов-систем, учитывающие свойства и поведение отдельных элементов, а также взаимосвязи между ними, называются *структурными* моделями.



## *2. Оператор модели*

Оператор модели определяется совокупностью уравнений. Если оператор обеспечивает линейную зависимость выходных факторов от входных, то математическая модель называется *линейной*. В противном случае модель называется *нелинейной*.

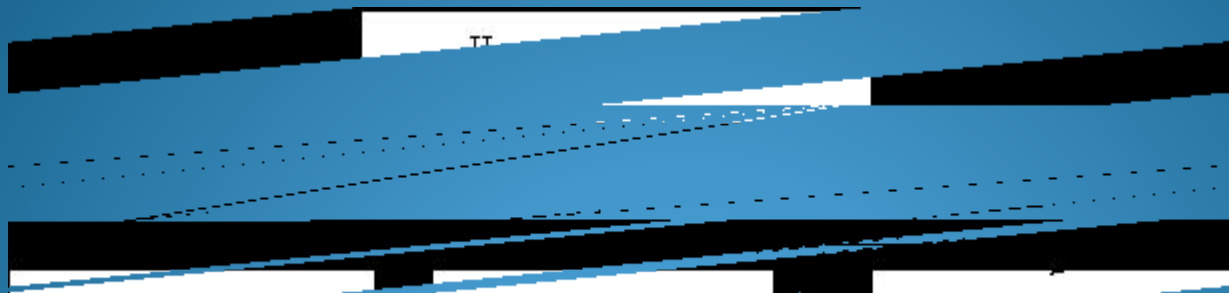
## *3. Параметры модели*

В зависимости от вида используемых множеств параметров модели

делятся на *качественные* и *количественные*,  
*дискретные* и *непрерывные*,  
*смешанные*.

## 4. Цели моделирования

В зависимости от цели моделирования выделяют:



Целью *дескриптивных* моделей является установление законов изменения параметров модели.

*Оптимизационные* модели предназначены для определения оптимальных (наилучших) с точки зрения некоторого критерия параметров объекта и технологических режимов. *Управленческие* модели применяются для принятия эффективных управленческих решений.

## 5. *Метод реализации модели*

В зависимости от метода реализации выделяют *аналитические* и *алгоритмические* математические модели. Метод является *аналитическим*, если он позволяет получить выходные факторы в виде *аналитических выражений*. Аналитические методы бывают *алгебраическими* и *приближенными*. В *алгоритмических* моделях математические соотношения для объекта исследования заменяются алгоритмом. Алгоритмические модели бывают *численными* и *имитационными*.

При моделировании технических систем и процессов классификация математических моделей приобретает дополнительные признаки:

- по этапам жизненного цикла создания объекта выделяют модели *анализа*, модели *проектирования*, модели *внедрения* и т. д.;
- по уровню формализации модели можно выделить *концептуальную модель* (для пользователя и аналитика), *формализованное*, или *алгоритмическое*, описание и *программу-имитатор*;
- по методам построения различают модели, созданные с помощью *аналитических* и *статистических* методов.



В основе *аналитических* моделей процессов лежат фундаментальные законы тепло- и массопереноса, выраженные в виде функциональных соотношений (алгебраических, интегрально дифференциальных, конечно-разностных и т. д.). Поэтому аналитические модели описывают и раскрывают сущность процессов и явлений, протекающих в исследуемом объекте и определяющих его свойства и поведение. Методы исследования аналитических моделей: *аналитические* (получают общее решение в явном виде и подставляют в него значения граничных и начальных условий)

По данной аналитической модели назовите соответствующий числовой промежуток, для этого сделай клик по цифре, стоящей рядом.


$x \leq -7$

1  $[-7; +\infty)$  **ВЕРНО!**

2  $(-\infty; -7]$

3  $(-\infty; -7)$

4  $(-7; +\infty)$



Проверка

## Численные

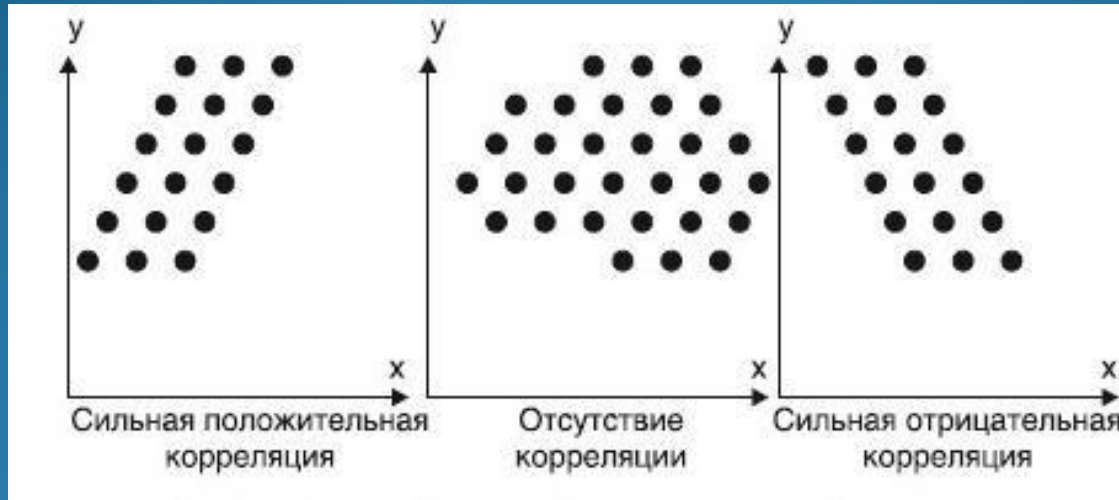
(общие решения в явном виде заменяются приближенными). В качестве примера аналитических моделей можно назвать дифференциальные уравнения.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial v_x}{\partial t} + \frac{\partial v_x}{\partial x} v_x + \frac{\partial v_x}{\partial y} v_y + \frac{\partial v_x}{\partial z} v_z &= F_x - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p}{\rho} \right); \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + \frac{\partial v_y}{\partial x} v_x + \frac{\partial v_y}{\partial y} v_y + \frac{\partial v_y}{\partial z} v_z &= F_y - \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{p}{\rho} \right); \\ \frac{\partial v_z}{\partial t} + \frac{\partial v_z}{\partial x} v_x + \frac{\partial v_z}{\partial y} v_y + \frac{\partial v_z}{\partial z} v_z &= F_z - \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{p}{\rho} \right); \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} &= 0. \end{aligned} \right\}$$

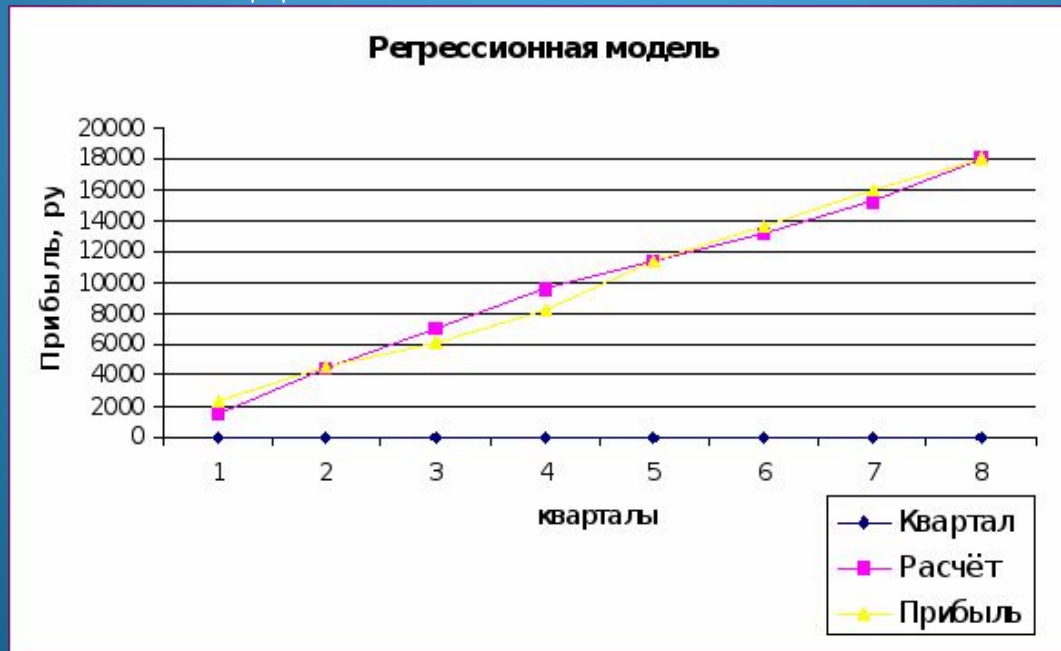
В основе *статистических* моделей лежат результаты экспериментального исследования объекта. Поэтому эти модели также называют *эмпирическими, идентифицируемыми, вероятно-статистическими, опытно-статистическими.*

Статистические модели рассматривают исследуемый объект как «черный ящик» и не раскрывают сущность процессов и явлений, протекающих в нем, – они просто отражают одну из возможных зависимостей выходных переменных от входных, т. е. носят частный характер в отличие от аналитических моделей, которые имеют более общий характер.

# Примеры эмпирических моделей – корреляционные,



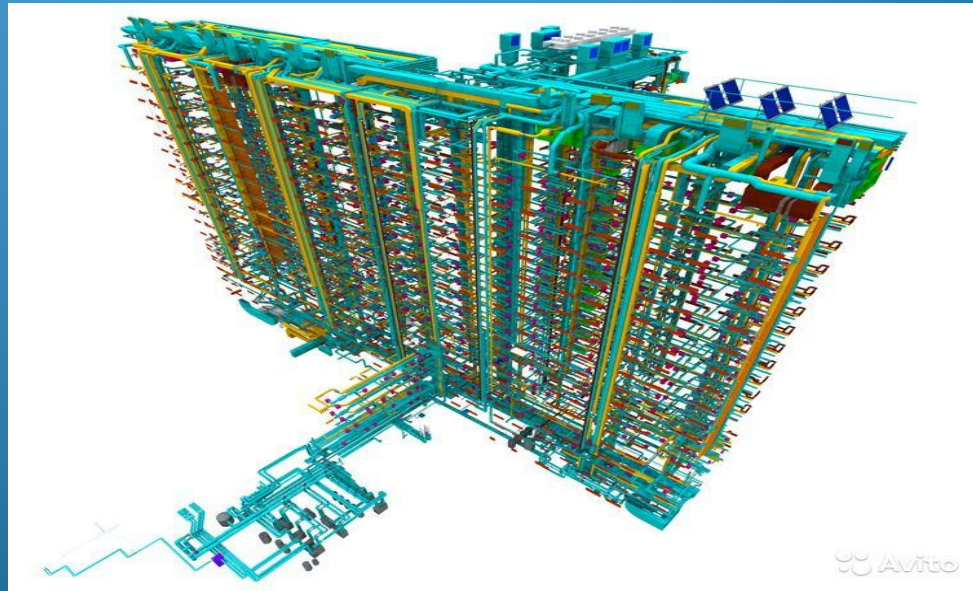
регрессионные модели.





## 1.2 Технологии моделирования

Степень реализации таких принципов моделирования как принцип информационной достаточности, осуществимости, множественности моделей объекта, агрегатирования, параметризации, в каждой конкретной модели может быть различной, что в значительной степени зависит от соблюдения исследователем (субъектом моделирования) технологии моделирования.



Технологии комплексного моделирования  
представляют собой последовательность следующих  
действий

1) определение цели моделирования

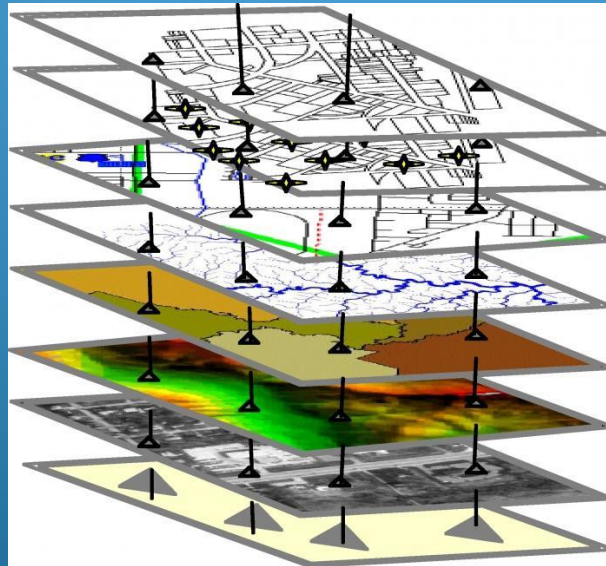




## 2) разработка концептуальной модели



## 3) формализация модели



## 4) программная реализация модели

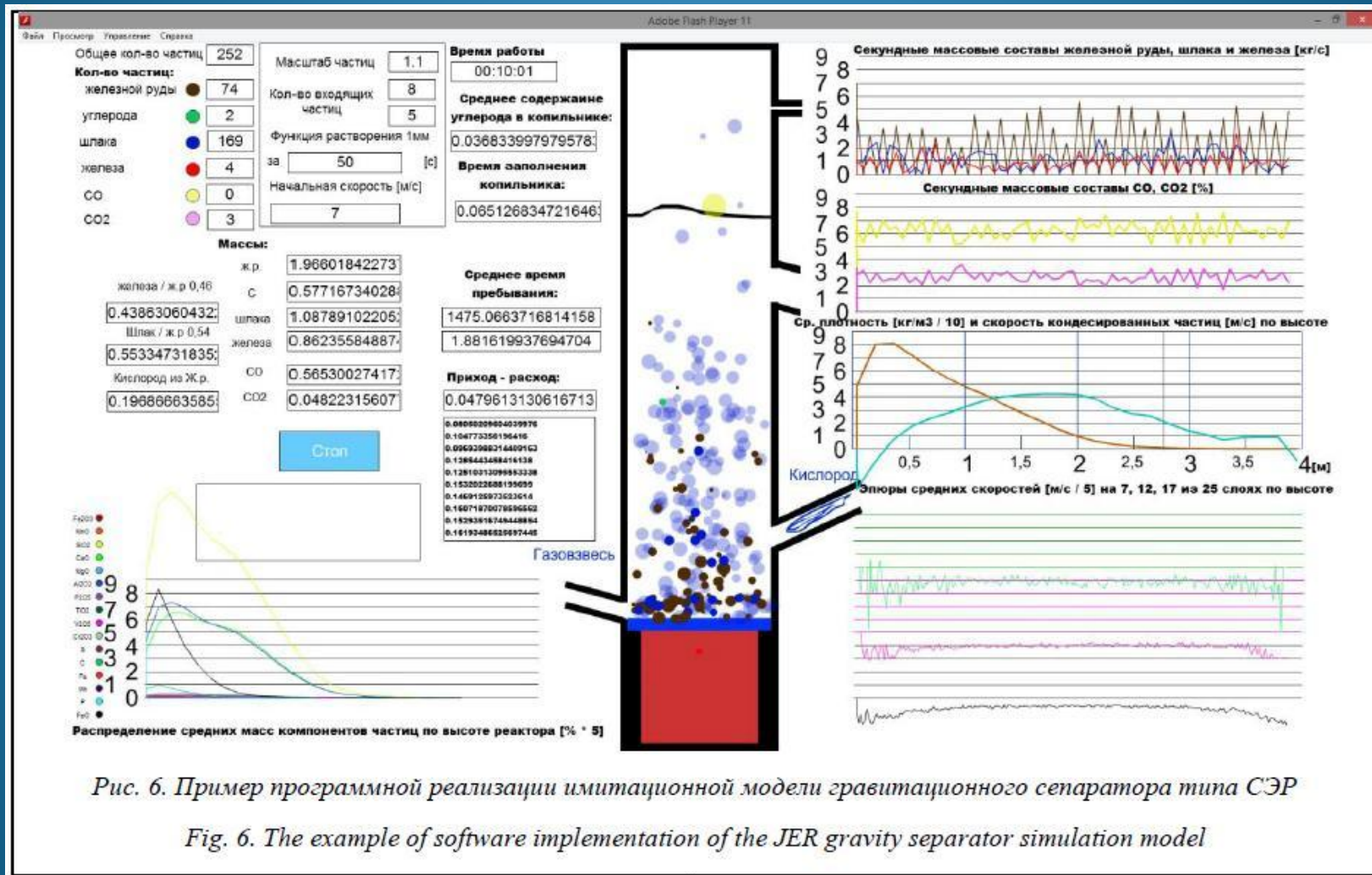


Рис. 6. Пример программной реализации имитационной модели гравитационного сепаратора типа СЭР

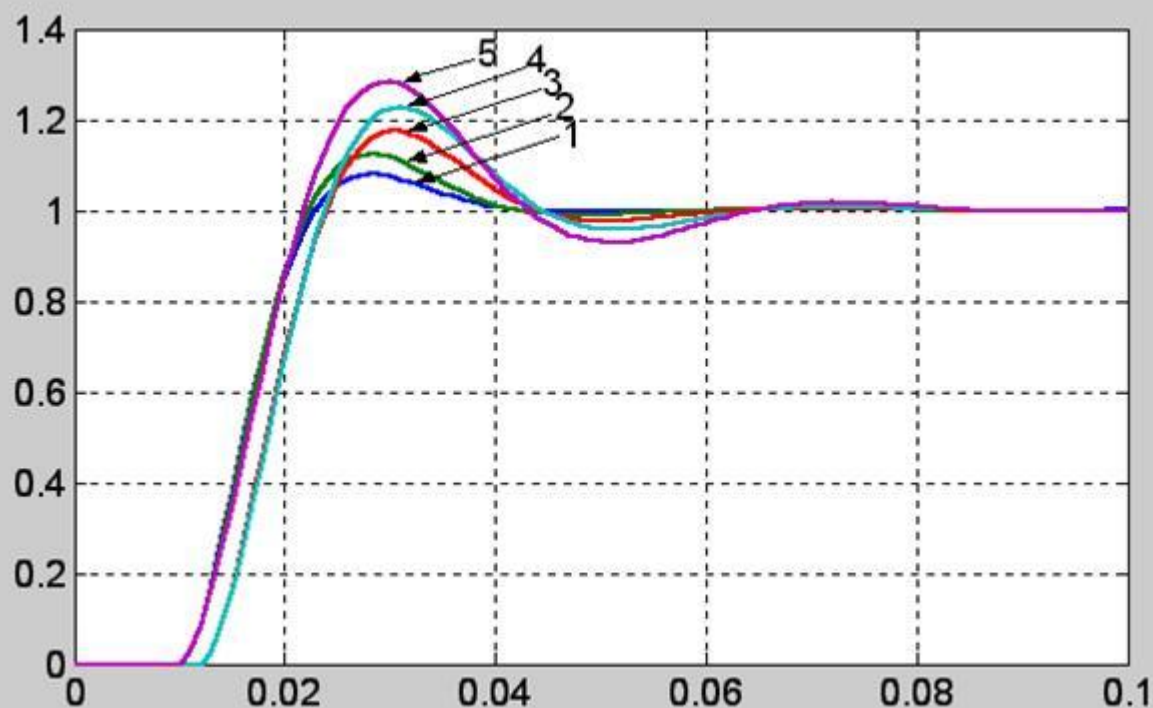
Fig. 6. The example of software implementation of the JER gravity separator simulation model



5) Планирование модельных экспериментов

6) реализация плана эксперимента

7) анализ и интерпретация результатов моделирования



Общая схема моделирования имеет следующий вид :

- 1) проблема;
- 2) постановка задачи;
- 3) описание исходных данных;
- 4) формализация задачи, выбор временной и пространственной шкал модели;
- 5) выбор метода построения модели;
- 6) планирование эксперимента;
- 7) получение и обработка экспериментальных данных;

- 8) идентификация неизвестных характеристик модели;
- 9) выбор метода решения задачи;
- 10) вычислительный эксперимент;
- 11) анализ и интерпретация результатов моделирования;
- 12) принятие решений об использовании результатов;
- 13) практическое использование модели.

Для прикладного использования в моделировании технологических процессов представляется целесообразным рассмотреть отдельно алгоритмы построения аналитической и эмпирической моделей.

