

**Информационные
технологии в
проектировании
процессов
нефтепереработки**

Рычков Дмитрий Александрович

Методы анализа и проектирования химико-технологических систем

Натурный эксперимент

- Достоверность
- Дороговизна
- Трудоемкость
- Сложность
- Длительность

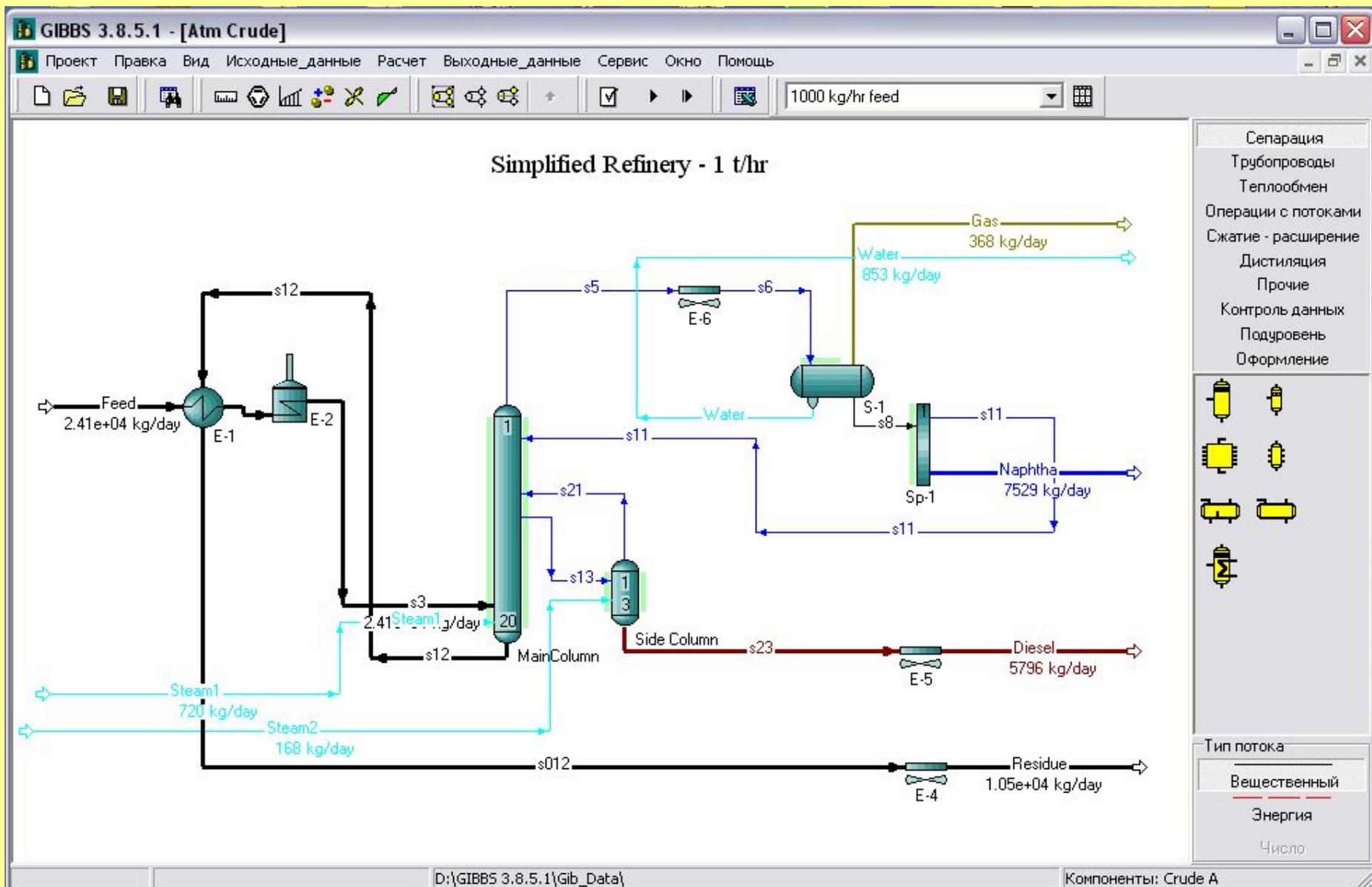
Математическое моделирование

- Простота
- Экономичность
- Массовость
- Наглядность
- Адекватность модели

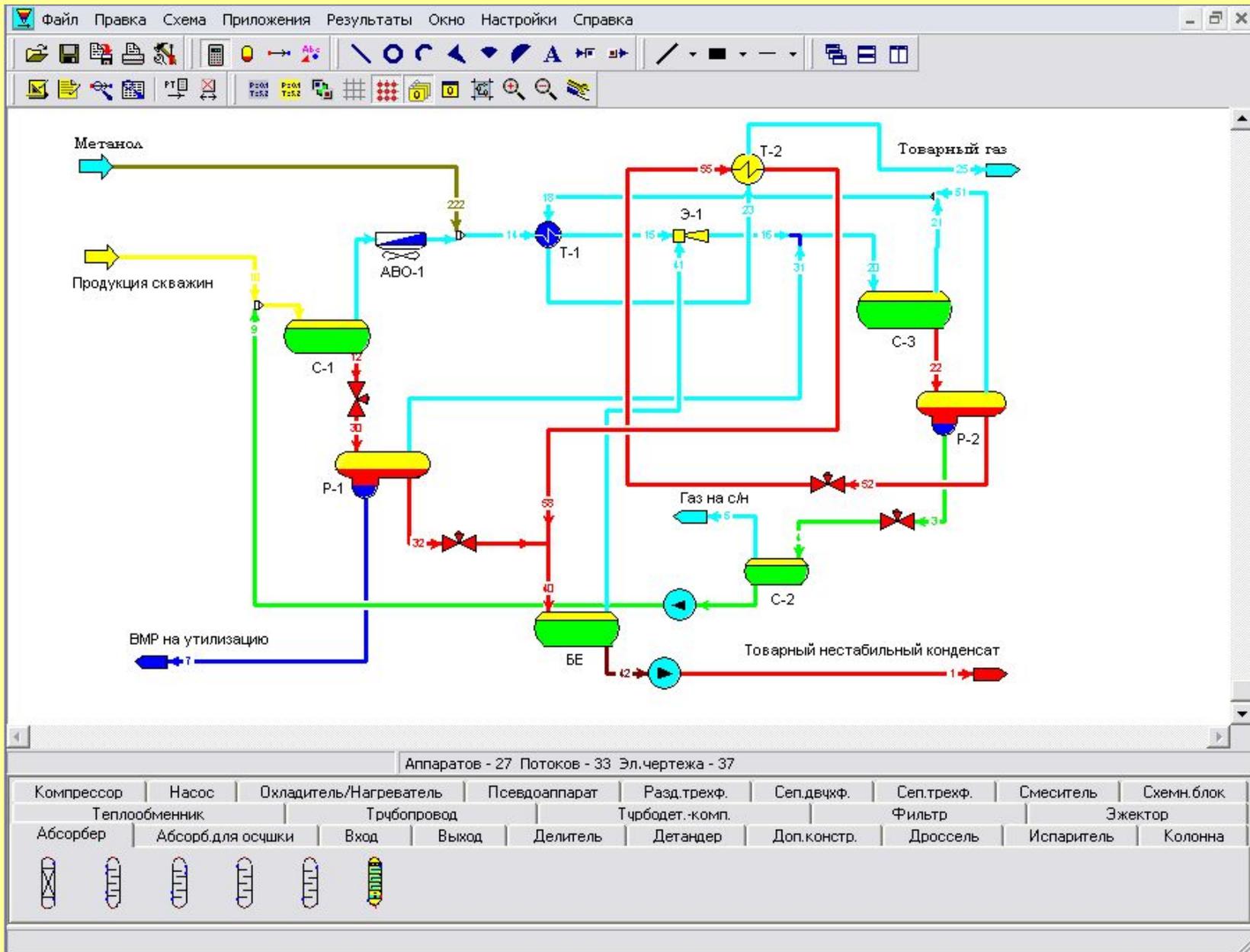
В настоящее время общепринятым универсальным методом анализа ХТС является математическое моделирование

Программные продукты: Gibbs, ГазКондНефть, HYSYS, Pipesim, Aspen Plus, ChemCAD и др...

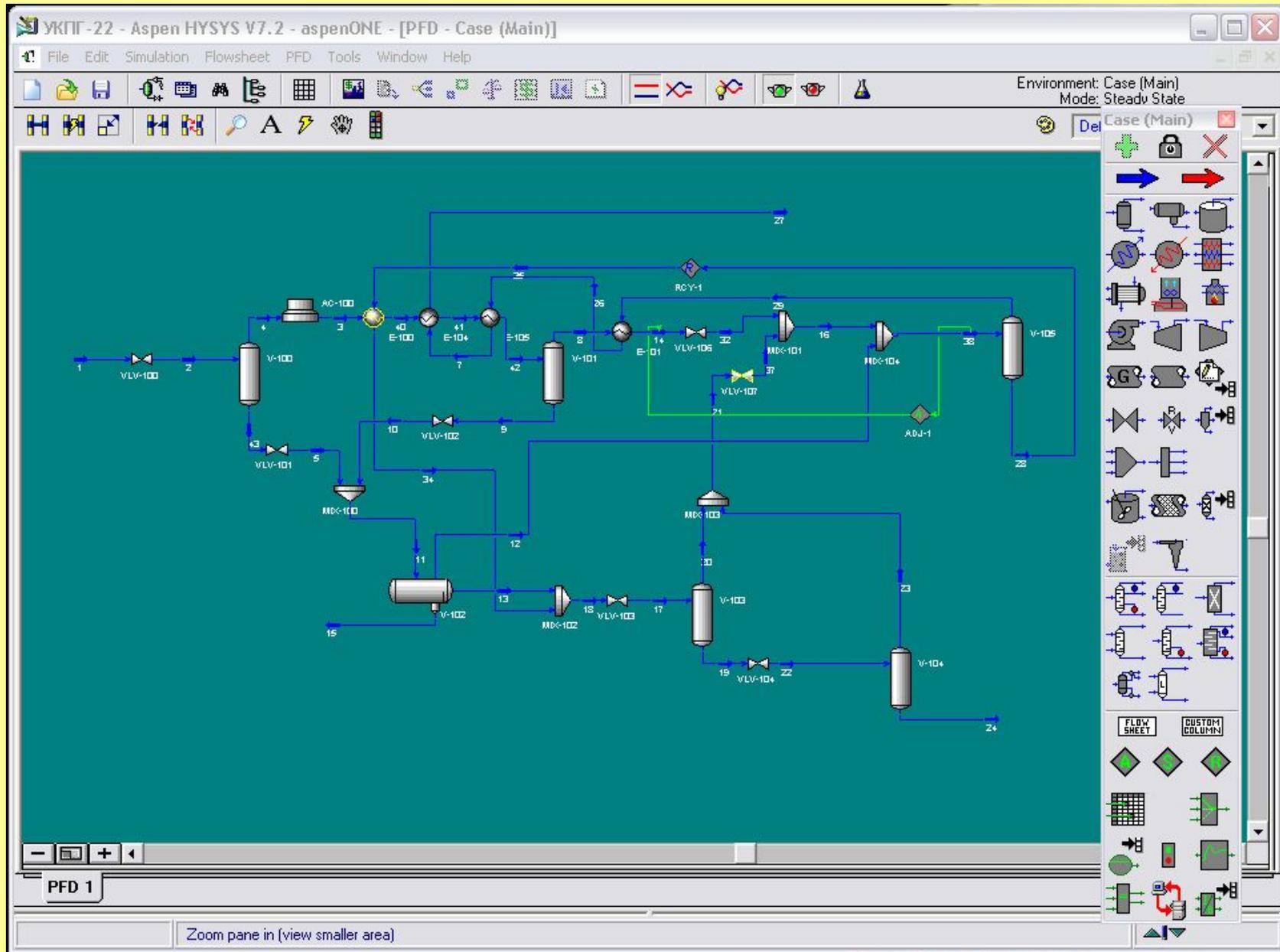
Программные продукты - Gibbs



Программные продукты - ГазКондНефть



Программные продукты – HYSYS (v 7.2)



Программные продукты – HYSYS (v 8.6)

YKПГ-22 min.hsc - Aspen HYSYS V8.6 - aspenONE

Flowsheet

File Home Economics Dynamics View Customize Resources Flowsheet/Modify Format Search aspenONE Exchange

Zoom Zoom to Fit Zoom In Page Width Zoom Out Flowsheet Model Palette Notes Manager Message Panel Close All Forms Plant View PFD 1 Add Delete Rename Save Layout Switch Layout Window

Simulation Flowsheet Main - Solver Active

All Items

- Workbook
- UnitOps
- Streams
- Stream Analysis
- Equipment Design
- Model Analysis
- Data Tables
- Strip Charts
- Case Studies
- Data Fits

T-0		T-1		T-2		T-3	
Duty	2.923e+005 kJ/h	4.270e+005 kJ/h	4.717e+005 kJ/h	2.528e+005 kJ/h			
Tube Inlet Temperature	27.00 C	10.30 C	5.688 C	-5.000 C			
Tube Outlet Temperature	18.38 C	6.688 C	-5.000 C	-11.90 C			
Shell Inlet Temperature	-30.04 C	-2.587 C	-20.78 C	-30.04 C			
Shell Outlet Temperature	16.00 C	14.68 C	-2.587 C	-20.78 C			

1	
Temperature	30.20 C
Pressure	10.57 MPa
Mass Flow	587.1 kg/mol/h

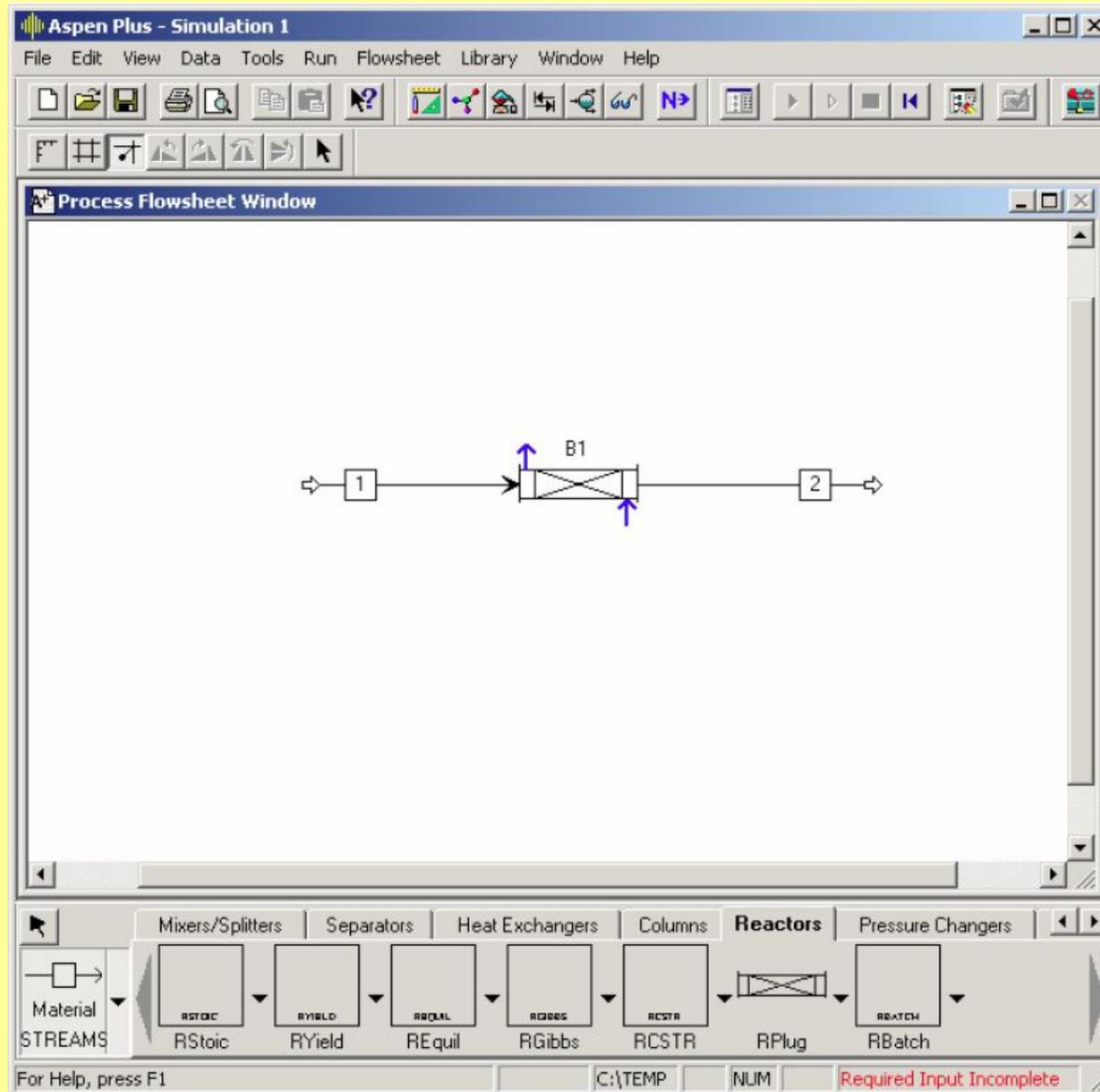
24	
Temperature	14.51 C
Pressure	2.600 MPa
Mass Flow	5904 kg/h

Palette

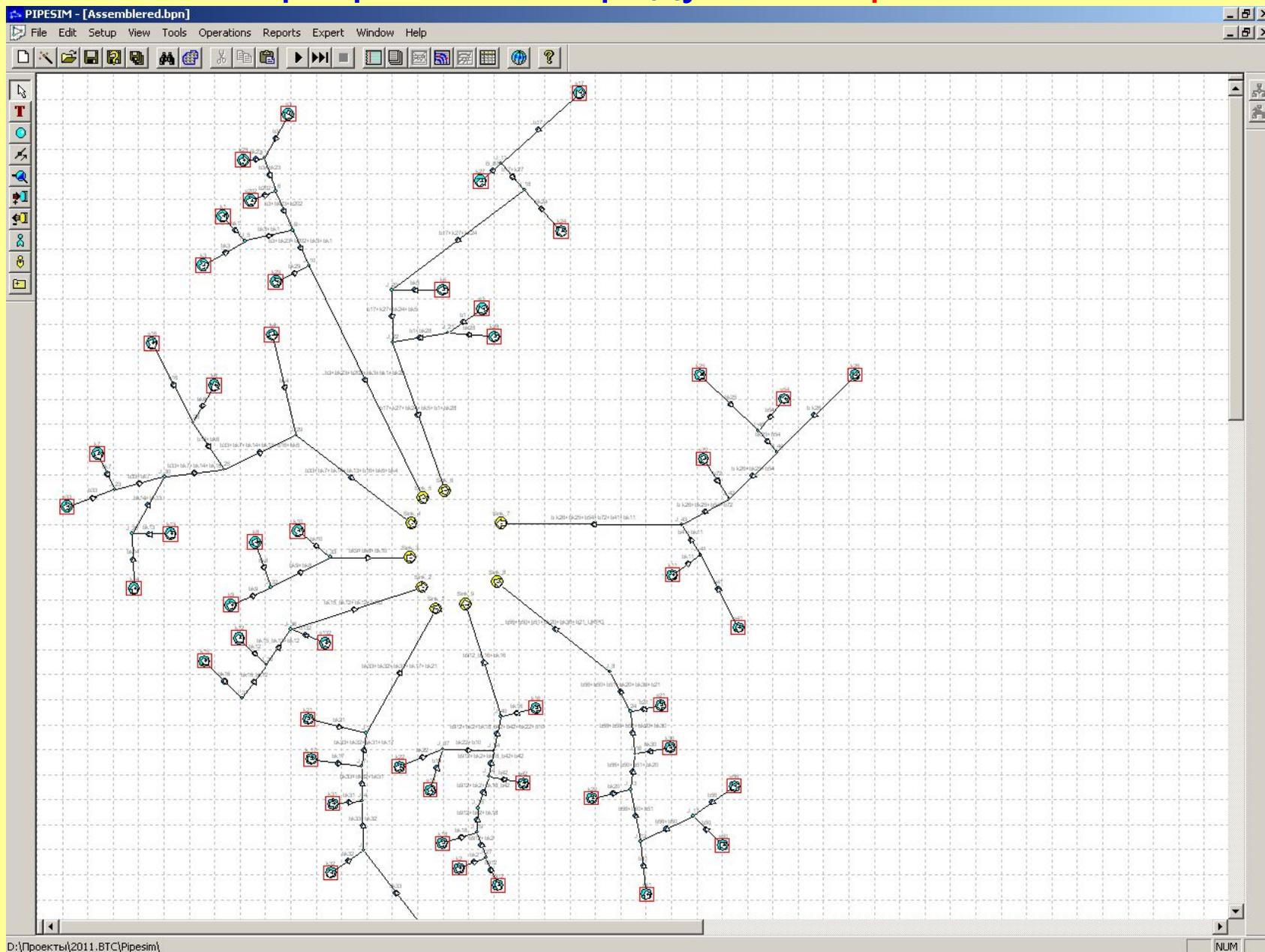
Upstream Refining Custom Dynamics Common Columns

Properties Simulation Safety A Energy A

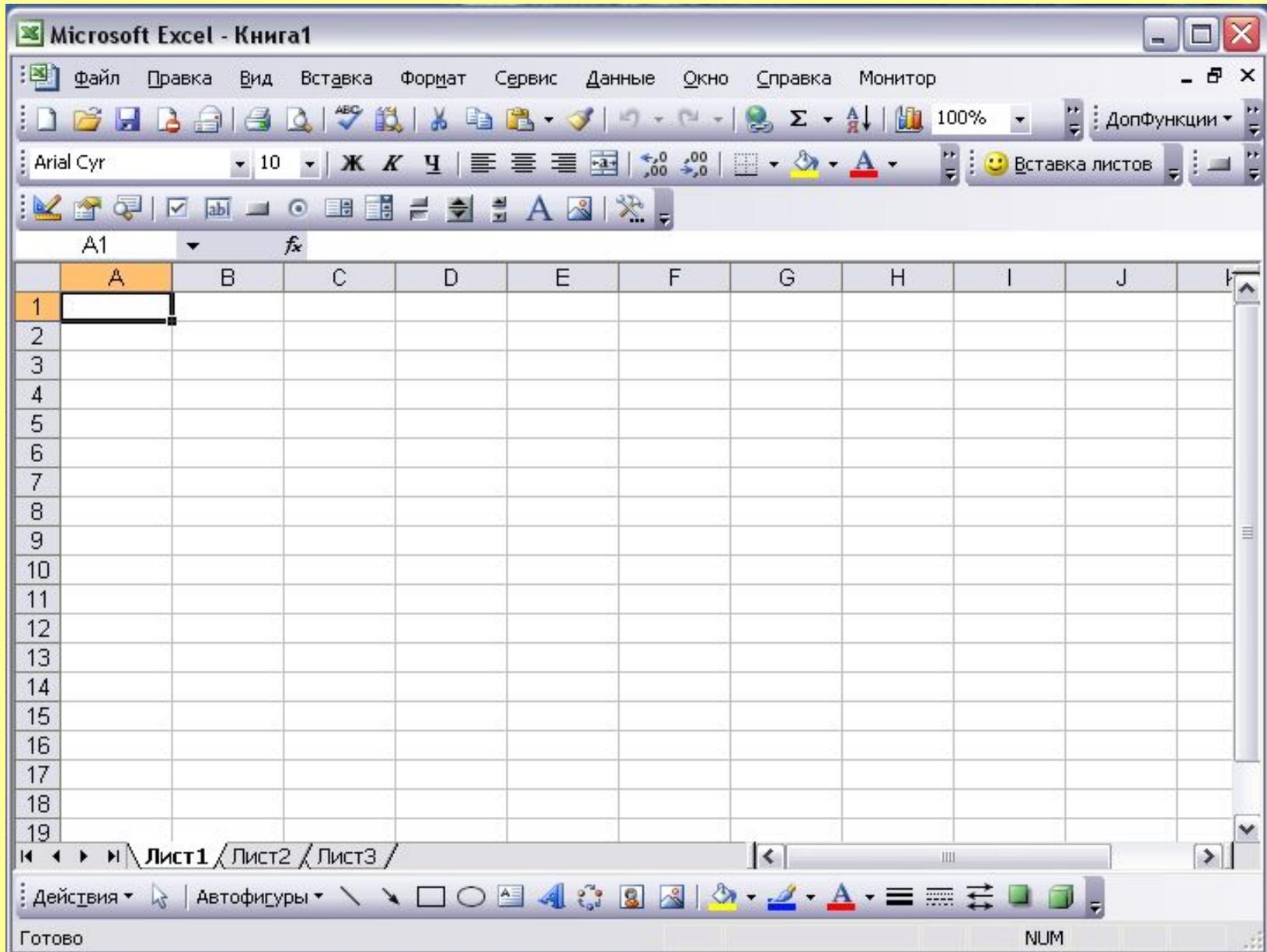
Программные продукты – Aspen Plus



Программные продукты - Pipesim



Программные продукты - EXCEL



Программные продукты - EXCEL

Microsoft Excel - HTC-CTM_1AB

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка Монитор

Times New Roman 12 Ж К Ч [Иконки] % 000 0.0 0.0 [Иконки] Вставка листов Az ab [Иконки]

Q2 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Принципиальная технологическая схема:					Наименование промысла					Расчетный период					Начать с: 2003	
2	Наименования аппаратов модели:																
3	C1	Входной сепаратор C201															
4	C2	Промежуточный сепаратор C202															
5	C3	Разделитель первой ступени P201															
6	C4	Низкотемпературный сепаратор C204															
7	C5	Низкотемпературный разделитель P202															
8	C6	Буферная емкость БЕ															

9

10

11

12

13 **Добываемый флюид** →

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

Товарный газ

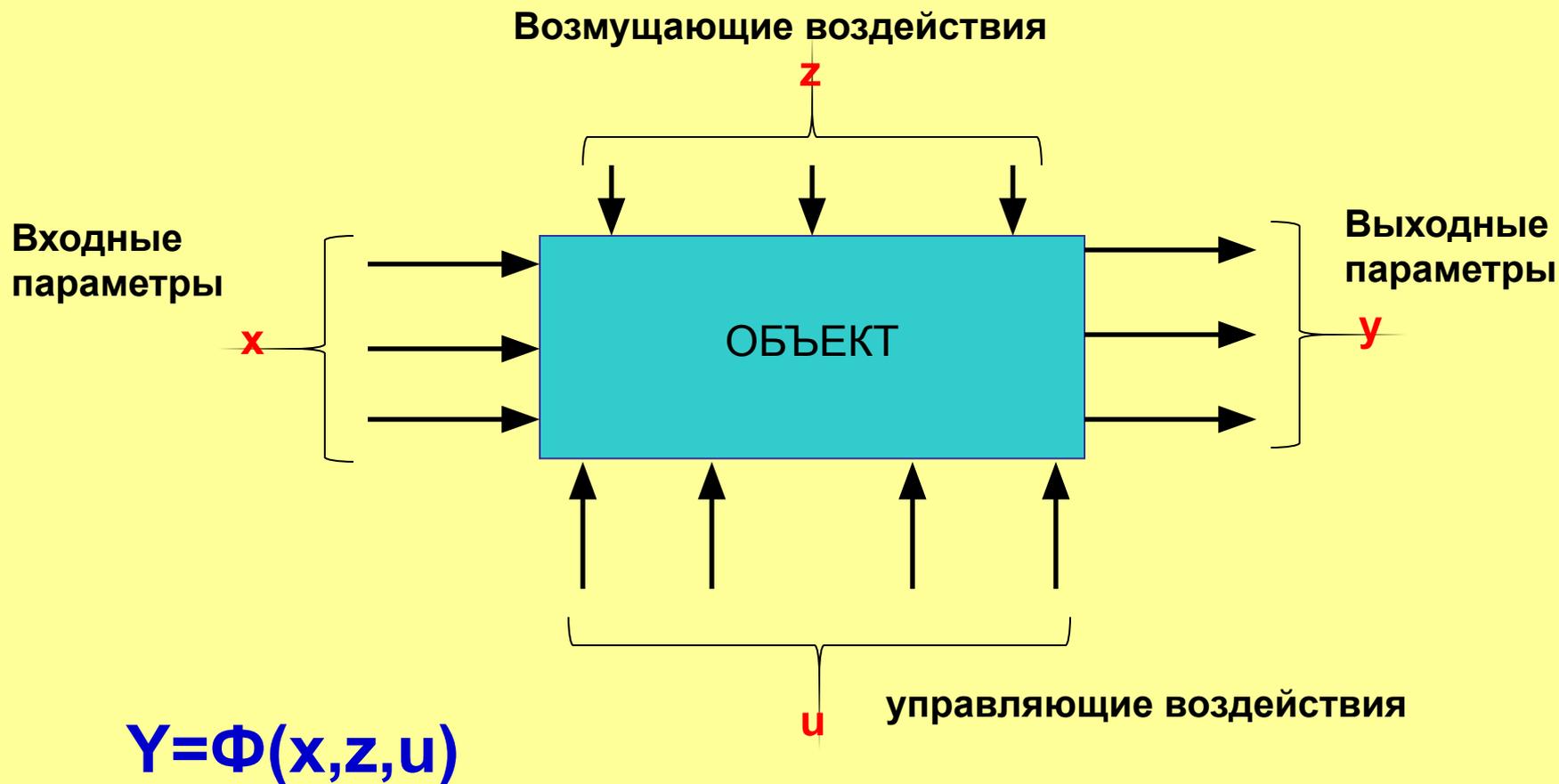
Нестабильный конденсат

Плост / Эксплнк / Сравнк / НК / Газ / InOut / Схема / Параметры / C1 / C2 / C3 / C4 / C5 / C6 / ФОКгп / МатБаланс

Действия Автофигуры

Готово NUM

Математическая модель объекта



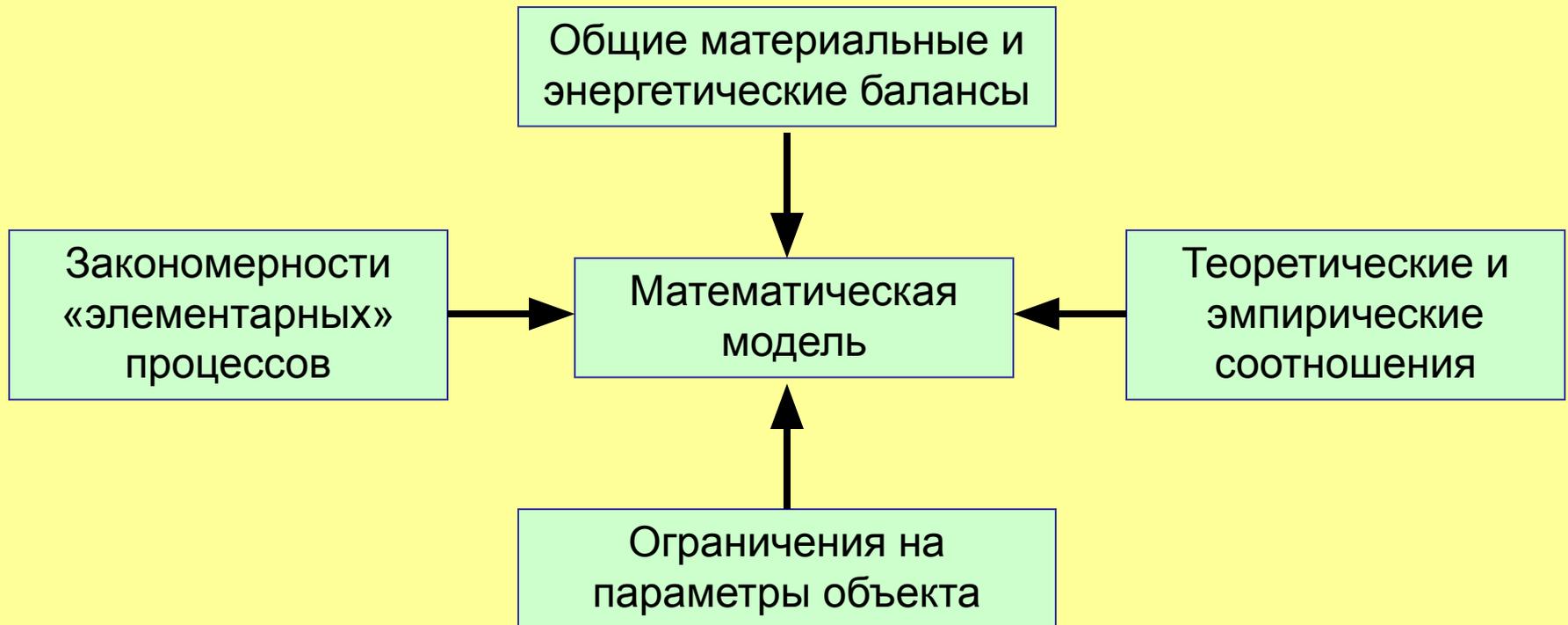
Φ – функциональный оператор, отображающий функциональное пространство входных переменных x и пространство переменных состояний самой системы u, z в пространство значений выходных переменных y

Блочный принцип создания математической модели

Анализ отдельных процессов, протекающих в объекте моделирования

1. Уравнения баланса массы и энергии, записанные с учетом гидродинамической структуры движения потоков
2. Уравнения «элементарных» процессов для локальных элементов потоков (описание процессов массо- и теплообмена, кинетики химических реакций и т.д.)
3. Теоретические, полуэмпирические или эмпирические соотношения между различными параметрами процесса, например, зависимость коэффициента массопередачи от скоростей потоков фаз и т.д.
4. Ограничения на параметры процесса: ограничения на диапазон изменения ряда параметров, которые необходимо принимать во внимание при моделировании некоторых процессов

Блочный принцип создания математической модели

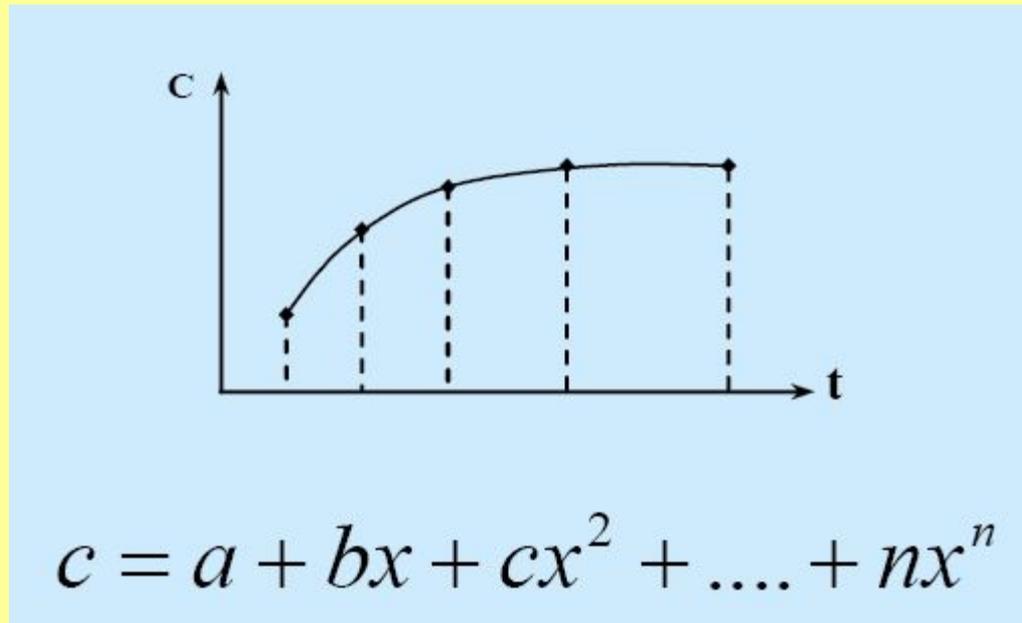


Классификация математических моделей

1. Модели с сосредоточенными параметрами,
2. Модели с распределенными параметрами,
3. Статические модели,
4. Динамические модели

Статистические модели

Система эмпирических зависимостей, полученных в результате статистического обследования действующего объекта

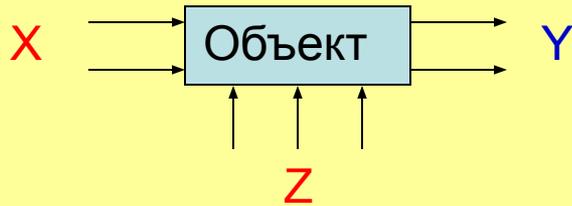


Модель не отражает физических свойств объекта и не может быть использована для прогнозирования в широком диапазоне изменения параметров процесса

Варианты расчета

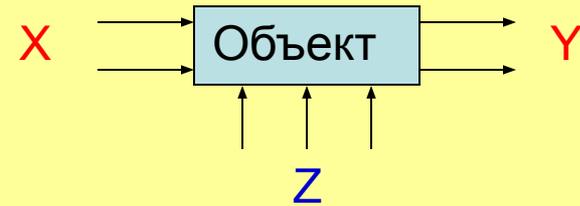
Поверочный расчет

$$Y = F(X, Z)$$



Проектный расчет

$$Z = F(X, Y)$$



X – входные параметры,

Y – выходные параметры,

Z – режимные и конструктивные параметры

красные параметры – заданы, **синие** – необходимо определить

Основные этапы решения задачи моделирования

1. постановка задачи;
2. выбор или построение математической модели;
3. постановка вычислительной задачи;
4. предварительный анализ свойств вычислительной задачи;
5. выбор или построение численного метода;
6. алгоритмизация и программирование;
7. отладка программы;
8. расчет по программе;
9. обработка и интерпретация результатов и коррекция математической модели.

Проблемы численного моделирования

1. отсутствие сходимости итерационного процесса при отсутствии «хороших» начальных приближений;
2. наличие явления «полистационарности»;
3. получение лишь частных решений, не отражающих общих закономерностей поведения системы во всем параметрическом пространстве.

Понятие проектирования

Проектирование технического объекта — создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта.

Проектирование включает:

1. разработку технического предложения или технического задания (ТЗ),
2. реализацию ТЗ в виде проектной документации

Результат проектирования – документация (проект)

Принципы системного подхода

Системный подход – подход к проектированию сложных объектов, использующий принципы системного анализа

Основной общий принцип системного подхода заключается в рассмотрении частей исследуемого явления или сложной системы с учетом их взаимодействия

Системный подход включает:

- 1) Выявление структуры системы,
- 2) Типизация связей,
- 3) Определение атрибутов,
- 4) Анализ влияния внешней среды,
- 5) Формирование модели системы,
- 6) Исследование модели,
- 7) Оптимизация модели

Уровни проектирования

Представления о проектируемой системе расчленяют на следующие иерархические уровни:

- 1) системный уровень,
- 2) макроуровень,
- 3) микроуровень.

Уровни проектирования

В зависимости от последовательности решения задач иерархических уровней различают:

- 1) **Восходящее проектирование,**
- 2) **Нисходящее проектирование,**
- 3) **Смешанное проектирование.**

Аспекты описания

Аспект описания (страта) – описание системы или ее части с некоторой оговоренной точки зрения, определяемой функциональными, физическими или иного типа отношениями между свойствами и элементами.

Различают следующие аспекты:

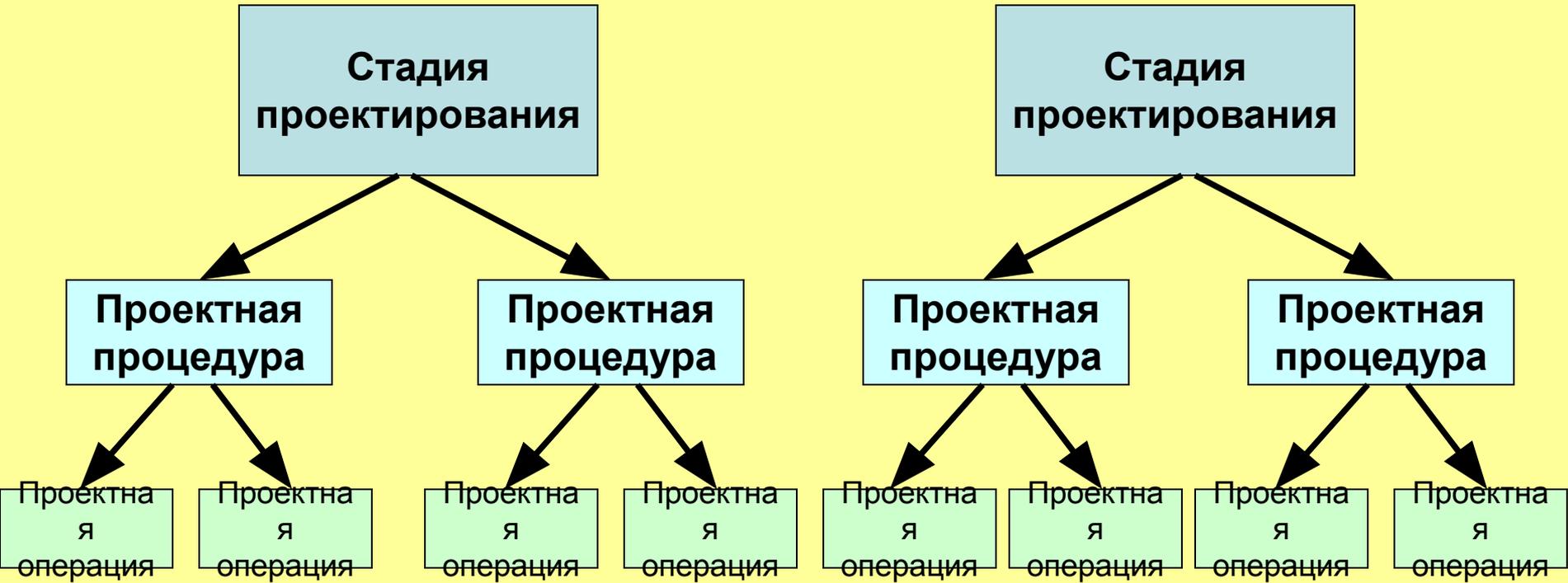
- 1) функциональный,
- 2) информационный,
- 3) структурный,
- 4) поведенческий.

Стадии проектирования

Различают следующие стадии проектирования:

- 1) Научно-исследовательских работ (НИР),
- 2) Эскизного проекта или опытно-конструкторских работ (ОКР),
- 3) Технического проекта,
- 4) Рабочего проекта,
- 5) Испытаний опытных образцов или партий.

Стадии проектирования

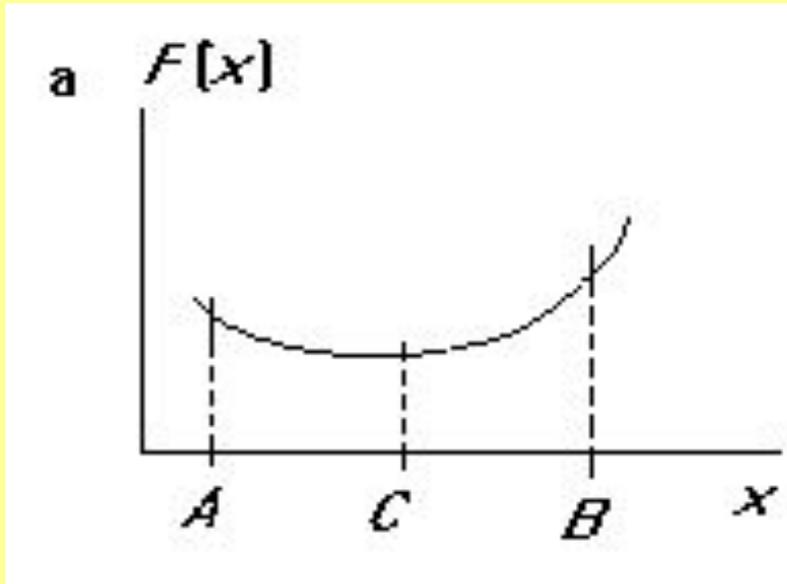


Состав технического задания

- 1) Назначение объекта,
 - 2) Условия эксплуатации,
 - 3) Требования к выходным параметрам (условия работоспособности).
- и т.д...

Методы одномерной оптимизации

Метод дихотомии

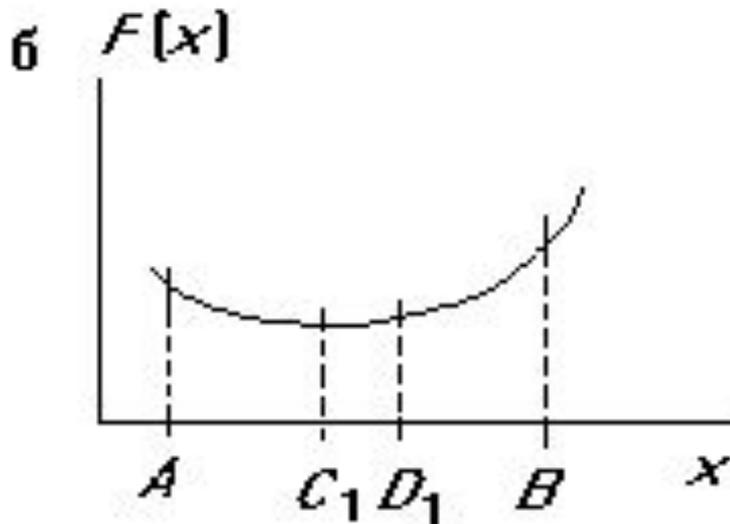


а – дихотомическое деление

Пусть задан отрезок $[A, B]$, на котором имеется один минимум (в общем случае нечетное число минимумов). Согласно **методу дихотомического деления** (рис. 1, а) отрезок делят пополам и в точках, отстоящих от центра C отрезка на величину допустимой погрешности q , рассчитывают значения целевой функции $F(C+q)$ и $F(C-q)$. Если окажется, что $F(C+q) > F(C-q)$, то минимум находится на отрезке $[A, C]$, если $F(C+q) < F(C-q)$, то минимум — на $[C, B]$, если $F(C+q) = F(C-q)$ — на $[C-q, C+q]$. Таким образом, на следующем шаге вместо отрезка $[A, B]$ нужно исследовать суженный отрезок $[A, C]$, $[C, B]$ или $[C-q, C+q]$. Шаги повторяются, пока длина отрезка не уменьшится до величины погрешности q .

Методы одномерной оптимизации

Метод золотого сечения



б – золотое сечение

В соответствии с **методом золотого сечения** (рис. 1,б) внутри отрезка $[A, B]$ выделяют две промежуточные точки C_1 и D_1 на расстоянии $s = aL$ от его конечных точек, где $L = B - A$ — длина отрезка. Затем вычисляют значения целевой функции $F(x)$ в точках C_1 и D_1 . Если $F(C_1) < F(D_1)$, то минимум находится на отрезке $[A, D_1]$, если $F(C_1) > F(D_1)$, то — на отрезке $[C_1, B]$, если $F(C_1) = F(D_1)$ — на отрезке $[C_1, D_1]$. Следовательно, вместо отрезка $[A, B]$ теперь можно рассматривать отрезок $[A, D_1]$, $[C_1, B]$ или $[C_1, D_1]$.

$$a = 0.382$$

Методы одномерной оптимизации

- *метод чисел Фибоначчи,*
- *метод полиномиальной аппроксимации,*
- *метод перебора*

Методы безусловной многомерной оптимизации

Метод покоординатного спуска,

Градиентные методы,

Симплексный метод,

Метод Ньютона,

Метод Коши,

Метод Флетчера-Ривса