

**Липецкий государственный технический университет**  
**Физико-технологический факультет**  
**Кафедра промышленной теплоэнергетики**

**Лекция по математическому моделированию**  
**теплоэнергетических систем**

**«ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

**Выполнила студентка**  
**группы М-ТЭ-18-1**  
**Дитяткина Е.О.**

**Липецк 2018**

**Моделирование** – исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и исследования их моделей.

**Модель** – подобие натурального объекта, воспроизводящий основные черты изучаемого объекта с целью получения **НОВЫХ ЗНАНИЙ** о нем.



# Понятие имитационного моделирования

**Имитационное моделирование** — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью с достаточной точностью описывающей реальную систему и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе.

Экспериментирование с моделью называют **имитацией**.

**Имитация** — это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте.

Метод получил развитие в 1950-1960 гг.

## **К имитационной модели прибегают когда:**

- Дорого или невозможно проводить эксперименты на реальном объекте
- Невозможно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствия, случайные переменные
- Необходимо симитировать поведение системы во времени

Имитационное моделирование позволяет имитировать поведение системы **во времени**. При чём плюсом является то, что временем в модели можно управлять: замедлять в случае с быстропротекающими процессами и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. Можно имитировать поведение тех объектов реальные эксперименты с которыми, дороги, невозможны или опасны.



# Применение метода имитационного моделирования

Наглядно метод имитационного моделирования можно продемонстрировать на примере работы отделения банка по обслуживанию физических лиц.

**Задача:** необходимо определить минимальное количество обслуживающего персонала, которое обеспечивает требуемое качество



## Критерий качества сервиса:

средний размер очереди не должен превышать  $N$  человек



## Знания о системе

- какие клиенты посещают банк
- какое количество клиентов приходит в течение рабочего дня
- сколько времени занимает обслуживание одного клиента

# 1 этап – Схематичное представление модели в виде последовательности действий



Приход  
клиента



Ожидание в  
очереди



Обслуживание  
клиента



Уход  
клиента



Персонал

## **2 этап – Подача на вход модели исходных данных**

### **Исходные данные**

- интенсивность прихода клиентов
- среднее время обслуживания клиентов
- количество доступного персонала

## **3 этап – Анализ статистики, собранной и представленной моделью**

Если средний размер очереди клиентов превышает выбранный предел в  $N$  человек, то количество доступного персонала следует увеличить и выполнить новый эксперимент.

## **Достоинства имитационного моделирования**

- Имитационное моделирование может оказаться единственной возможностью вследствие трудностей постановки экспериментов и наблюдения явлений в реальных условиях; (соответствующим примером может служить изучение поведения космических кораблей в условиях межпланетных полетов)
- Имитационное моделирование дает возможность полностью контролировать время изучаемого процесса поскольку явление может быть замедлено или ускоренно по желанию.

## Недостатки имитационного моделирования

- Имитационная модель в принципе не точна, и мы не в состоянии измерить степень этой неточности
- Разработка хорошей имитационной модели часто обходится дорого и требует много времени



# 3 подхода имитационного моделирования

1

Агентное  
моделирование

2

Дискретно – событийное  
моделирование

3

Системная  
динамика

**Агентное моделирование** — относительно новое (1990-2000 гг.) направление в имитационном моделировании, которое используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы.

**Цель агентных моделей** — получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе.

**Агент** — некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться.

**Дискретно-событийное моделирование** — подход к моделированию, предлагающий абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривать только основные события моделируемой системы, такие, как: «ожидание», «обработка заказа», «движение с грузом», «разгрузка» и другие.

**Дискретно-событийное моделирование** наиболее развито и имеет огромную сферу приложений — от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем. Этот вид моделирования наиболее подходит для моделирования производственных процессов.

Основан Джеффри Гордоном в 1960-х годах.

**Системная динамика** — парадигма моделирования, где для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере. По сути, такой вид моделирования более всех других парадигм помогает понять суть происходящего выявления причинно-следственных связей между объектами и явлениями. С помощью системной динамики строят модели бизнес-процессов, развития города, модели производства, динамики популяции, экологии и развития эпидемии.

Метод основан Джеймсом Форрестером в 1950 годах.

# Метод Монте-Карло

**Суть метода** – процесс моделируется при помощи генератора случайных величин. Это повторяется много раз а потом на основе полученных случайных данных вычисляются вероятностные характеристики решаемой задачи.

**Задача Бюффона о бросании иглы** — один из первых примеров применения метода Монте – Карло и рассмотрения понятия геометрической вероятности. Задача была сформулирована Бюффоном в 1777 году. Оказалось, что эта задача сделала возможным определение числа  $\pi$  вероятностными методами



Вероятность (как видно речь идёт не о вероятности, а о математическом ожидании количества пересечений за один опыт; вероятностью это становится лишь при условии, что  $r > L$ ) того, что отрезок пересечет прямую, связана с числом Пи

$$p = \int_0^{\pi} \int_0^{\sin\theta} \frac{1}{r\pi} dA d\theta$$

где  $A$  – расстояние от иглы до ближайшей к ней прямой  
 $\theta$  – угол иглы относительно прямых

$$p = \frac{2L}{r\pi}$$