

«Моделирование»

Лектор:

АЛИЕВ Тауфик Измайлович, д.т.н., профессор

tialiev@itmo.ru

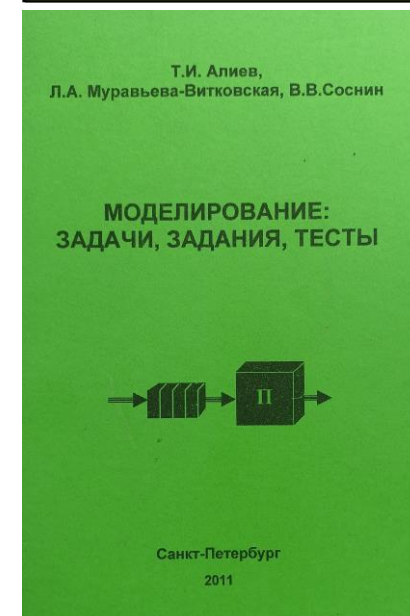
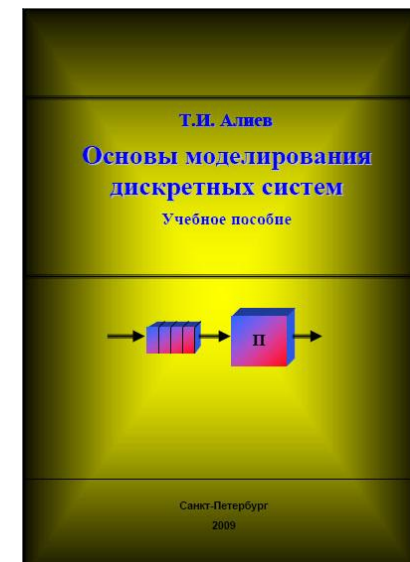
комн. 1520 (1334)

**Национальный исследовательский университет ИТМО
(НИУ ИТМО)**

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Рекомендуемая литература

1. Электронные учебно-методические материалы по дисциплине «Моделирование» в ИСУ ИТМО
2. Алиев Т.И. Моделирование дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
https://books.ifmo.ru/book/445/osnovy_modelirovaniya_diskretnyh_sistem.htm
3. Алиев Т.И., Муравьева-Витковская Л.А., Соснин В.В. Моделирование: задачи, задания, тесты. Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2011. – 197 с. <https://books.ifmo.ru/book/686/modelirovanie: zadachi, zadaniya, testy.htm>
4. Алиев Т.И. Основы проектирования систем. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 120 с.
https://books.ifmo.ru/book/1638/osnovy_proektirovaniya_sistem: uchebnoe_posobie..htm
5. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.: ил.
6. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для академического бакалавриата / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд. — М.: Изд-во Юрайт, 2017. — 343 с.



Разделы дисциплины

«Даже если ваше объяснение настолько ясно, что исключает всякое ложное толкование, все равно найдется человек, который поймет вас неправильно» (Законы Мэрфи)

Часть 1:

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Общие вопросы моделирования | (см. [1]: Раздел 1) |
| 2. Модели дискретных систем | (см. [1]: Раздел 3) |
| 3. Имитационное моделирование | (см. [1]: Раздел 6) |
| 4. Анализ свойств базовых моделей | (см. [1]: Раздел 4) |
| 5. Сетевые модели дискретных систем | (см. [1]: п. 3.4, 4.4, 4.5) |
| 6. Системы с приоритетным обслуживанием | (см. [1]: п. 4.3) |
| 7. Модели компьютерных систем | (см. [3]: п. 4.4, 4.5) |

Часть 2: дополнительные материалы.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1. Система

1.2. Модель

1.3. Типовые задачи и методы моделирования

1.4. Этапы моделирования

Литература

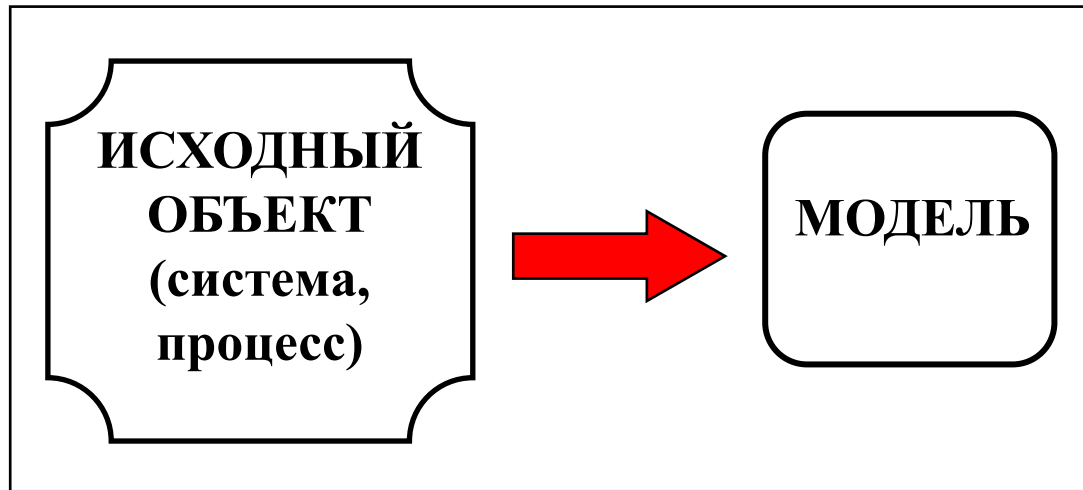
для самостоятельной подготовки

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с. (**Введение / Раздел 1 «Общие вопросы моделирования»**)

https://books.ifmo.ru/book/445/osnovy_modelirovaniya_diskretnyh_sistem.htm

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Введение



Моделирование – основа для исследования систем, а именно:

- изучения *свойств* систем;
- *анализа* поведения систем;
- *проектирования* сложных систем;
- *предсказания* поведения системы (*предиктивная* или *предсказательная аналитика*).

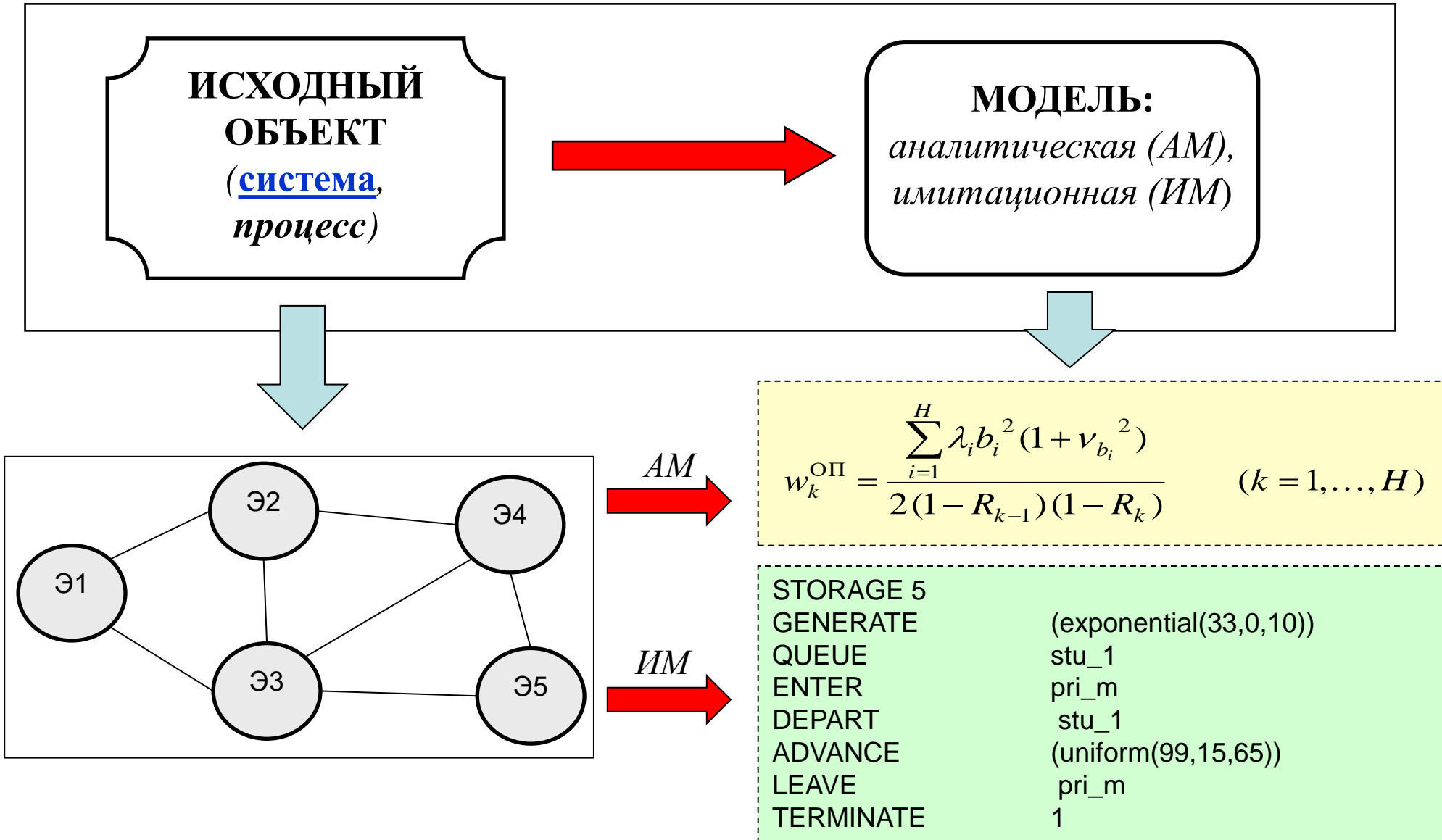
Два способа **исследования** систем:

- 1) *измерения* на реальных системах (экспериментальное исследование);
- 2) *моделирование*, когда измерения:
 - трудно выполнимы;
 - экономически невыгодны;
 - вообще невозможны(исследование на моделях).

Основные типы моделей:

- физические / *математические*;
- качественные / *количественные* или *конструктивные*;
- аналитические / *имитационные*.

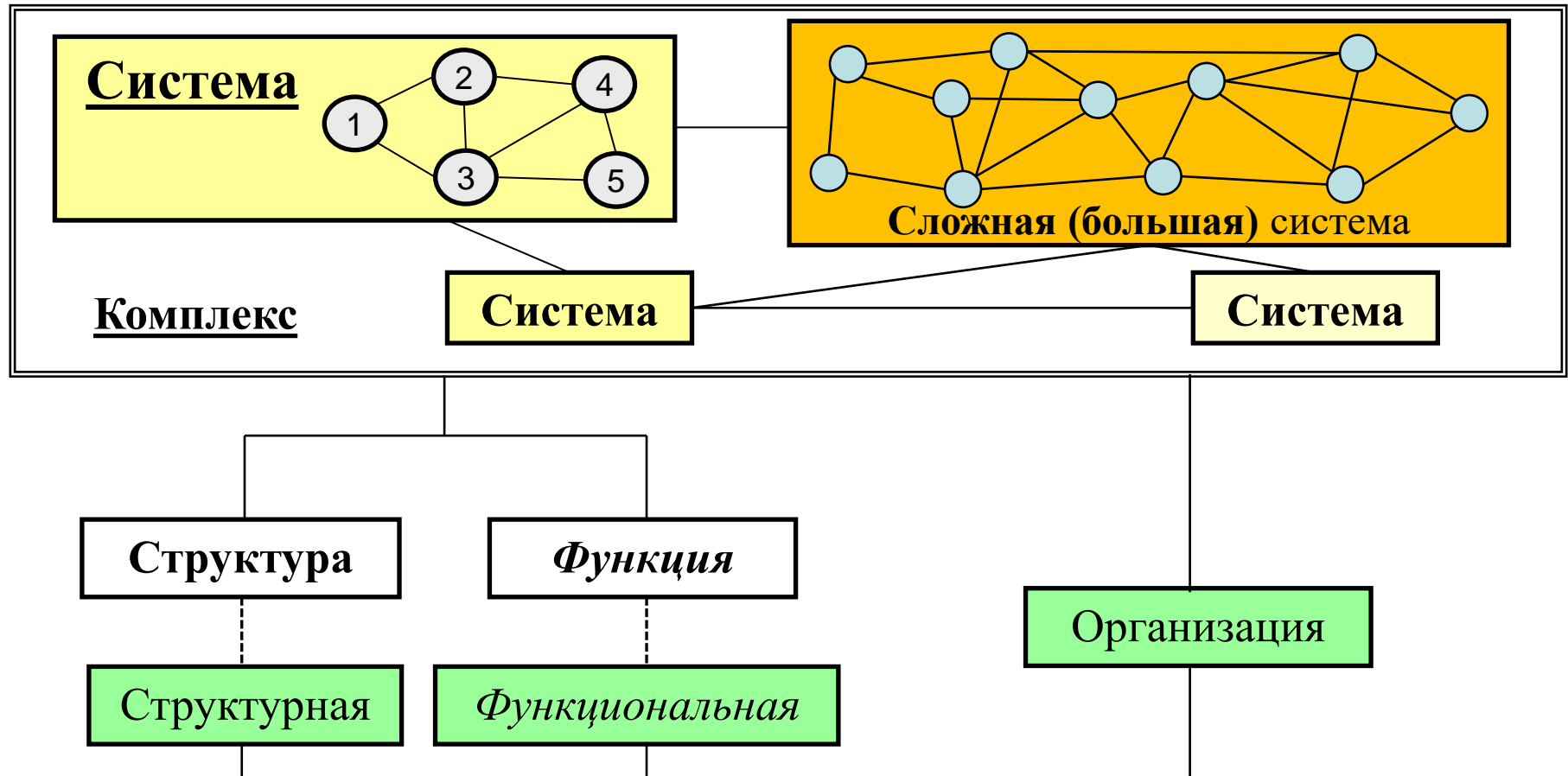
Раздел 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ



1.1. СИСТЕМА

Основные понятия

«Всё в мире относительно» (Закон относительности)

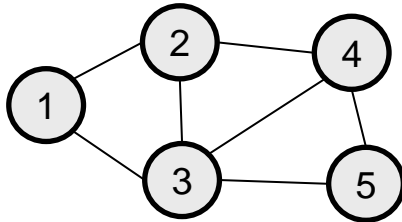


Способы описания структуры и функции

Способы описания ...

с
т
р
у
к
т
у
р
ы

Графический



Аналитический

$N=5;$
 $V_1=10, \dots, V_5=50;$
 $P=[p_{ij} (i,j=1,\dots,5)];$
 ...

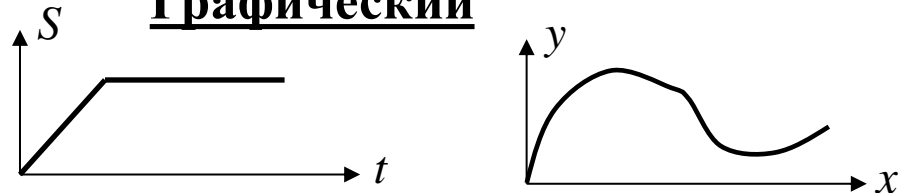
ф
у
н
к
ц
и
и

Алгоритмический

(словесное описание; блок-схема, ...)

Аналитический: $I = \frac{U}{R}; S = Vt; \dots$

Графический

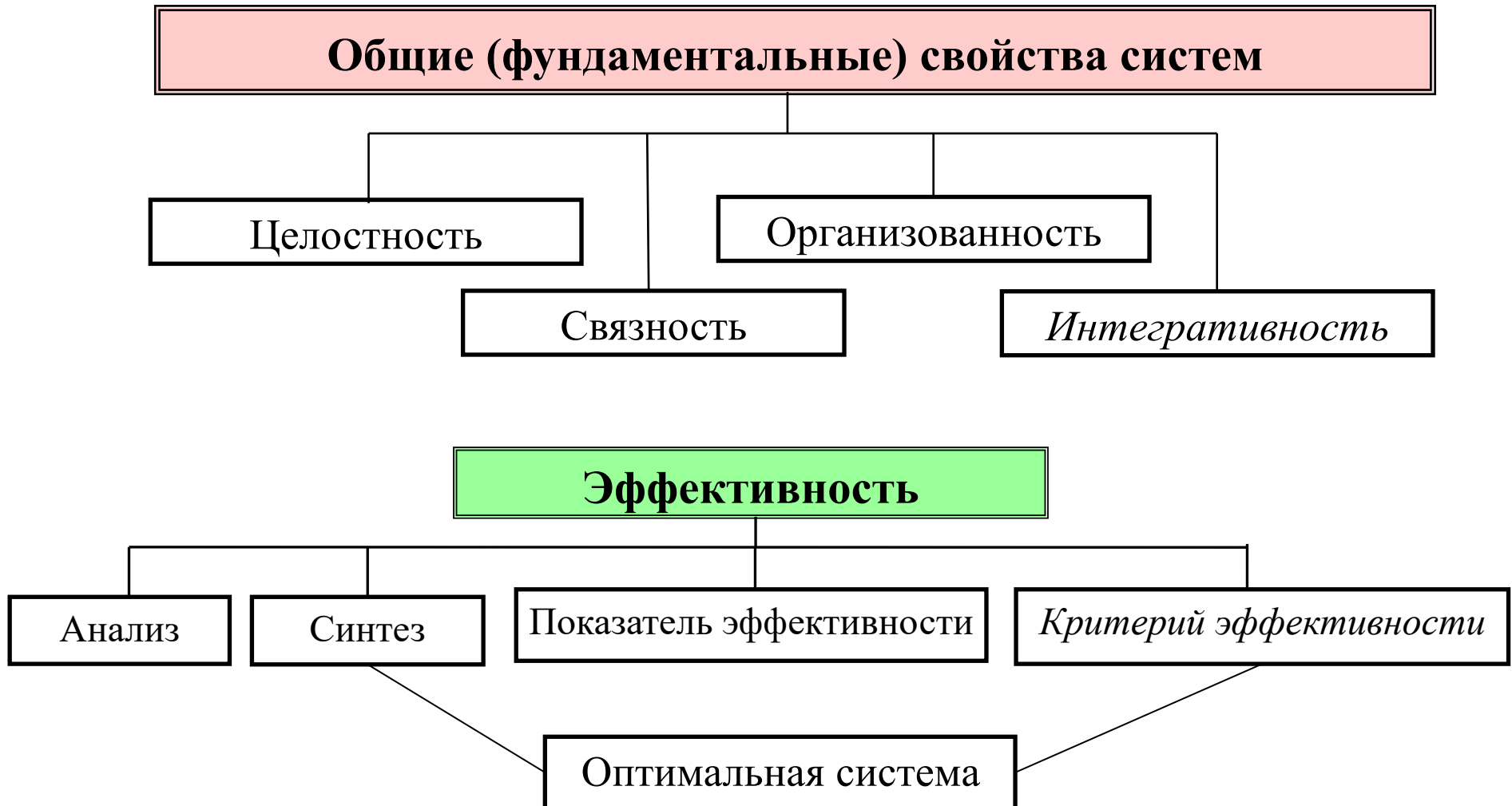


Табличный

x	1	2	5	...	19	20
y	5	35	98	...	39	77

1.1. СИСТЕМА

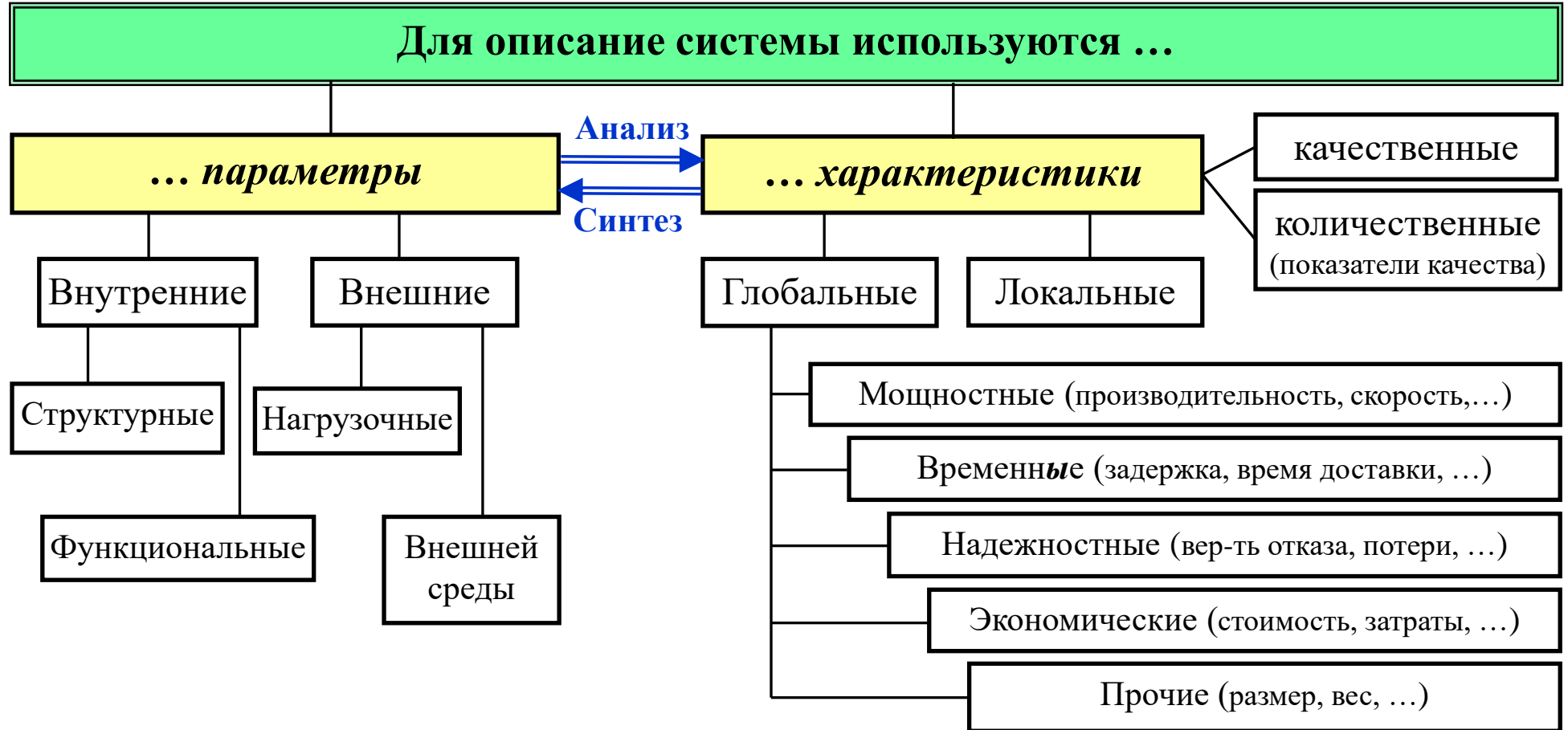
Фундаментальные свойства систем



1.1. СИСТЕМА

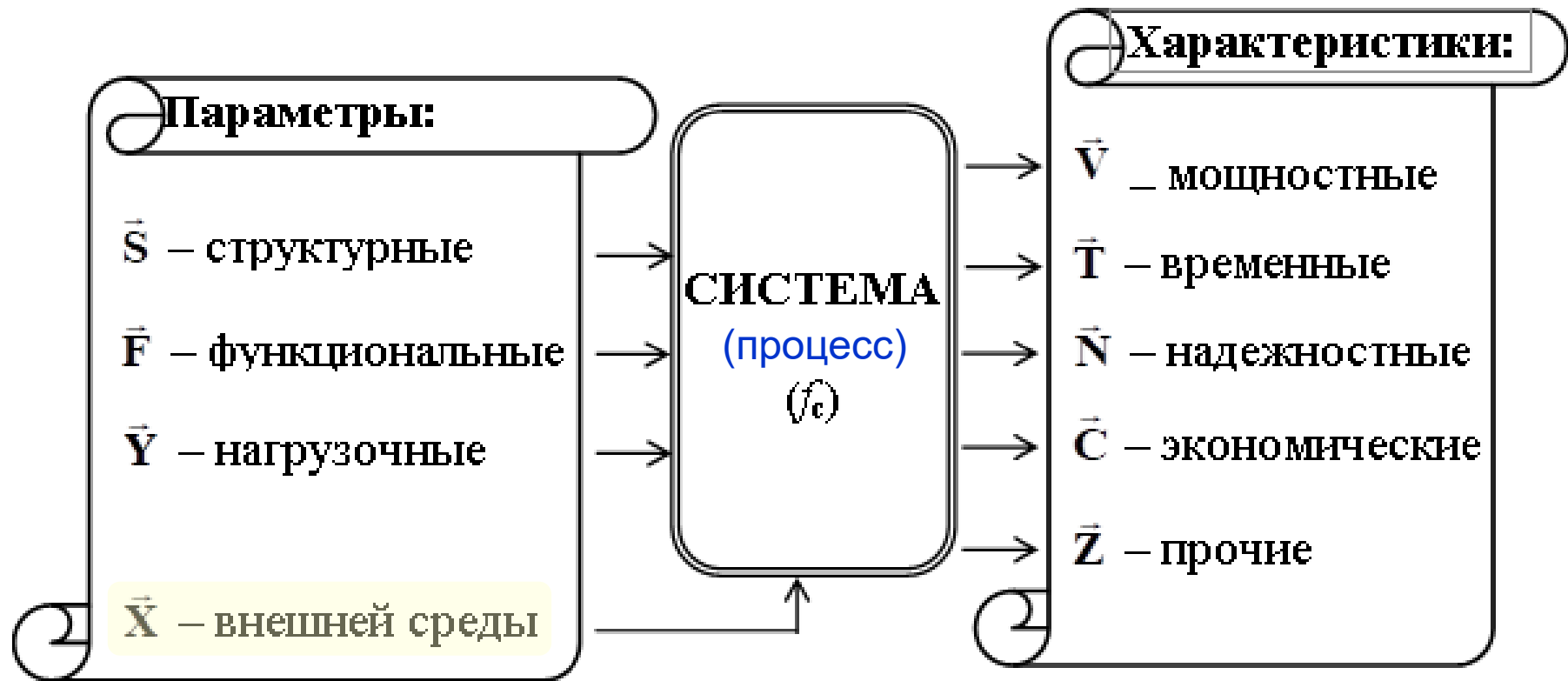
Параметры и характеристики

«В любом наборе исходных данных самая надежная величина, не требующая никакой проверки, является ошибочной» (Третий закон Финэйгла)



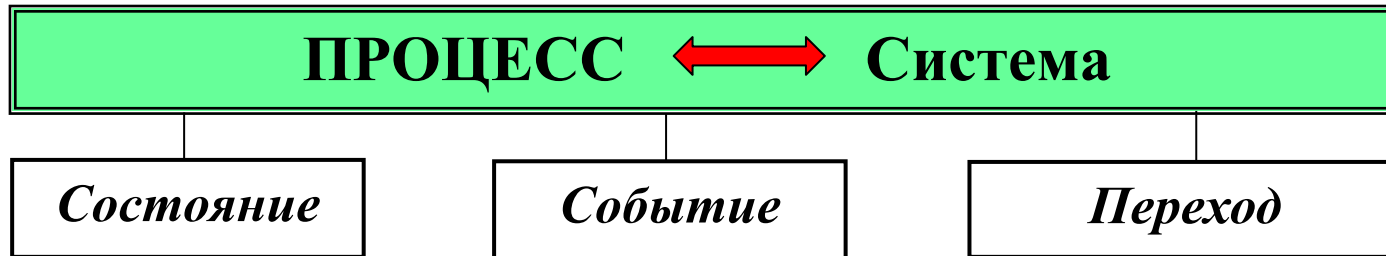
1.1. СИСТЕМА

Взаимосвязь параметров и характеристик



1.1. СИСТЕМА

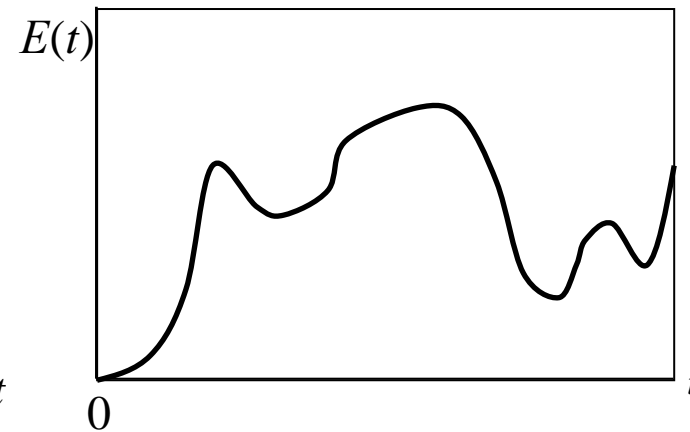
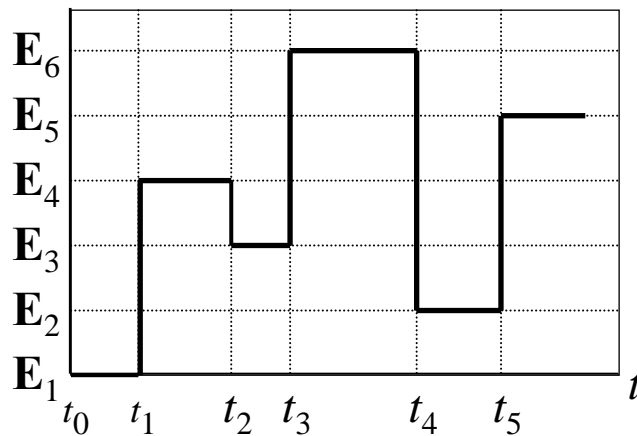
Процессы в системе



Типы процессов (систем)

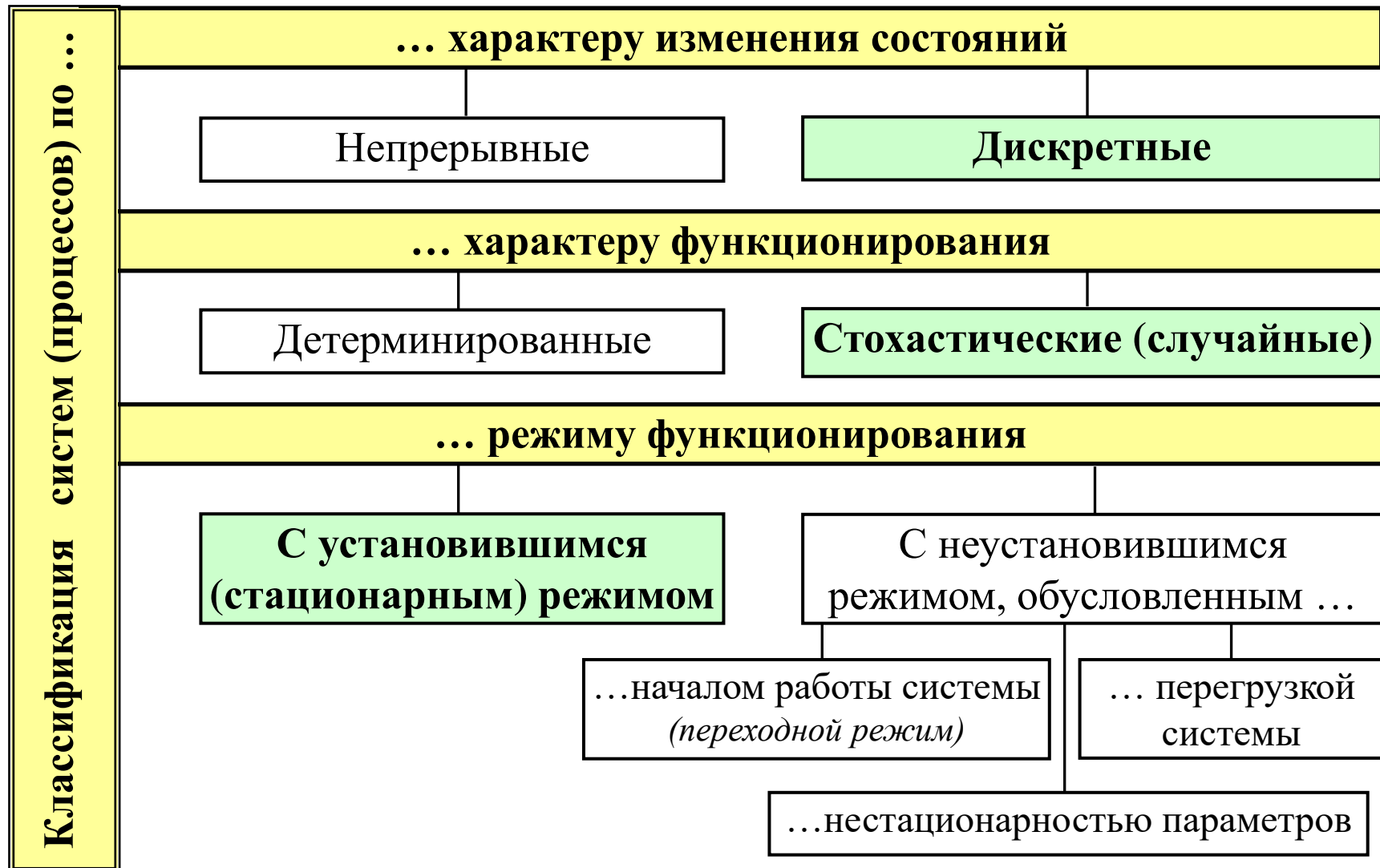
Дискретные

Непрерывные



1.1. СИСТЕМА

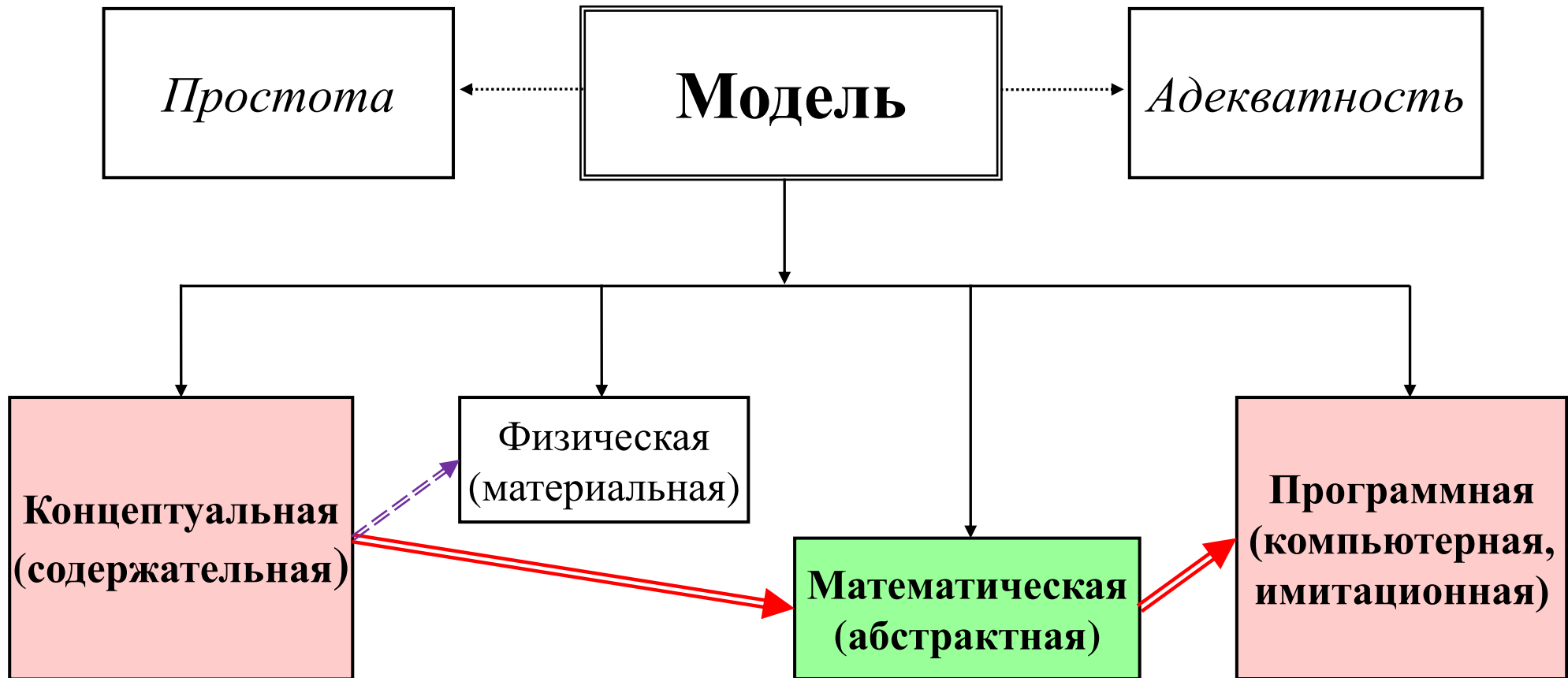
Классификация систем и процессов



1.2. МОДЕЛЬ

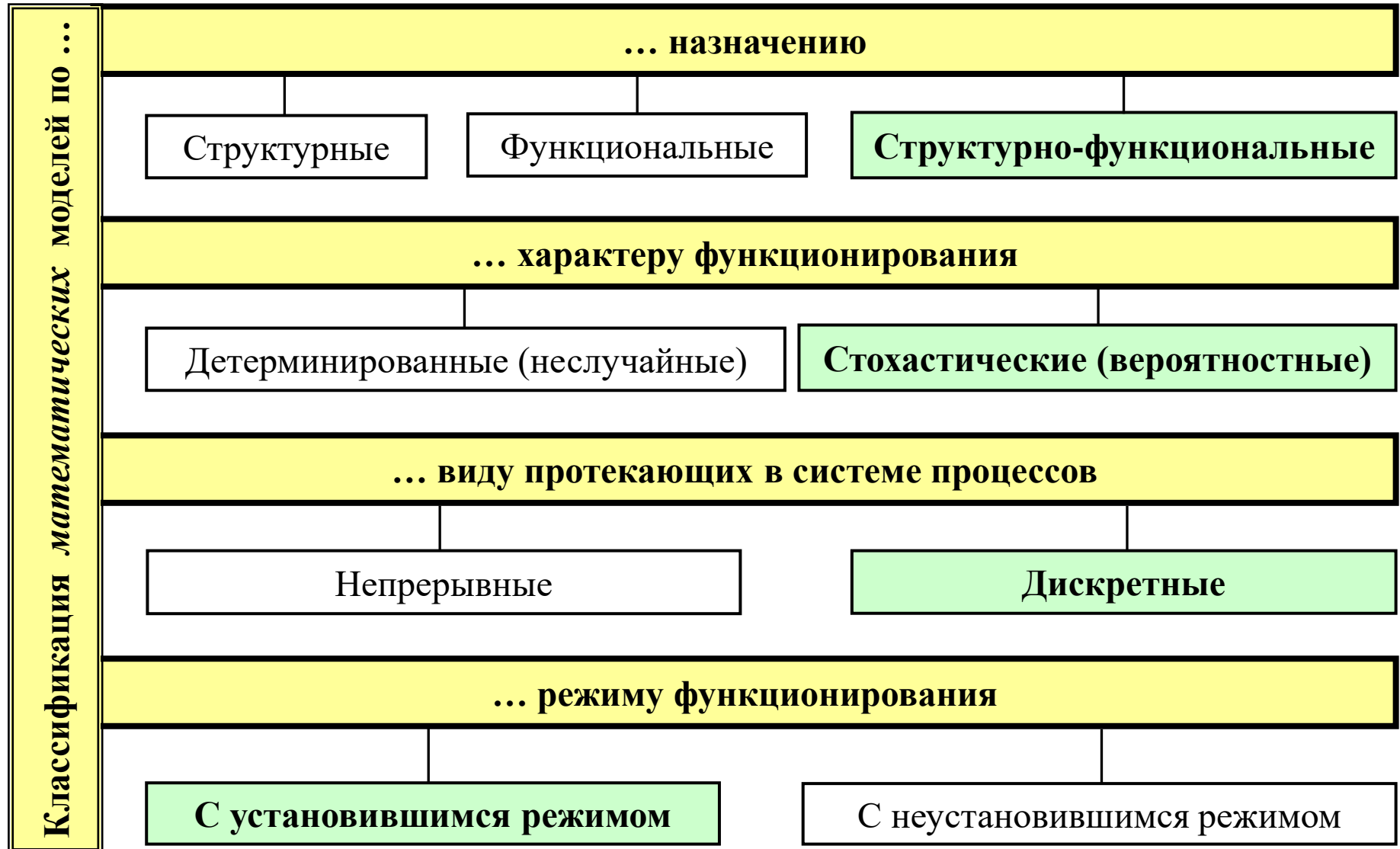
Требования к моделям и типы моделей

«Усложнять - просто, упрощать – сложно» (Закон Мейера)



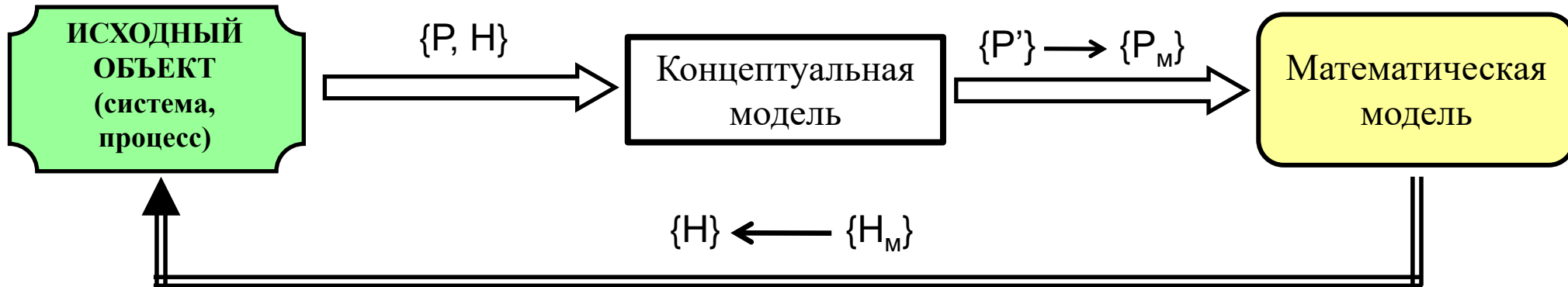
1.2. МОДЕЛЬ

Классификация моделей



1.2. МОДЕЛЬ

Укрупненная схема моделирования



$\{P\}$ – множество *системных параметров* (структурных, функциональных, нагрузочных, ...);

$\{H\}$ – множество *системных характеристик* (показателей качества) системы;

$\{P_M\}$ – множество *модельных параметров*;

$\{H_M\}$ – множество *модельных характеристик*.

Задачи исследования систем и процессов:

- анализ свойств системы;
- синтез (оптимальный).

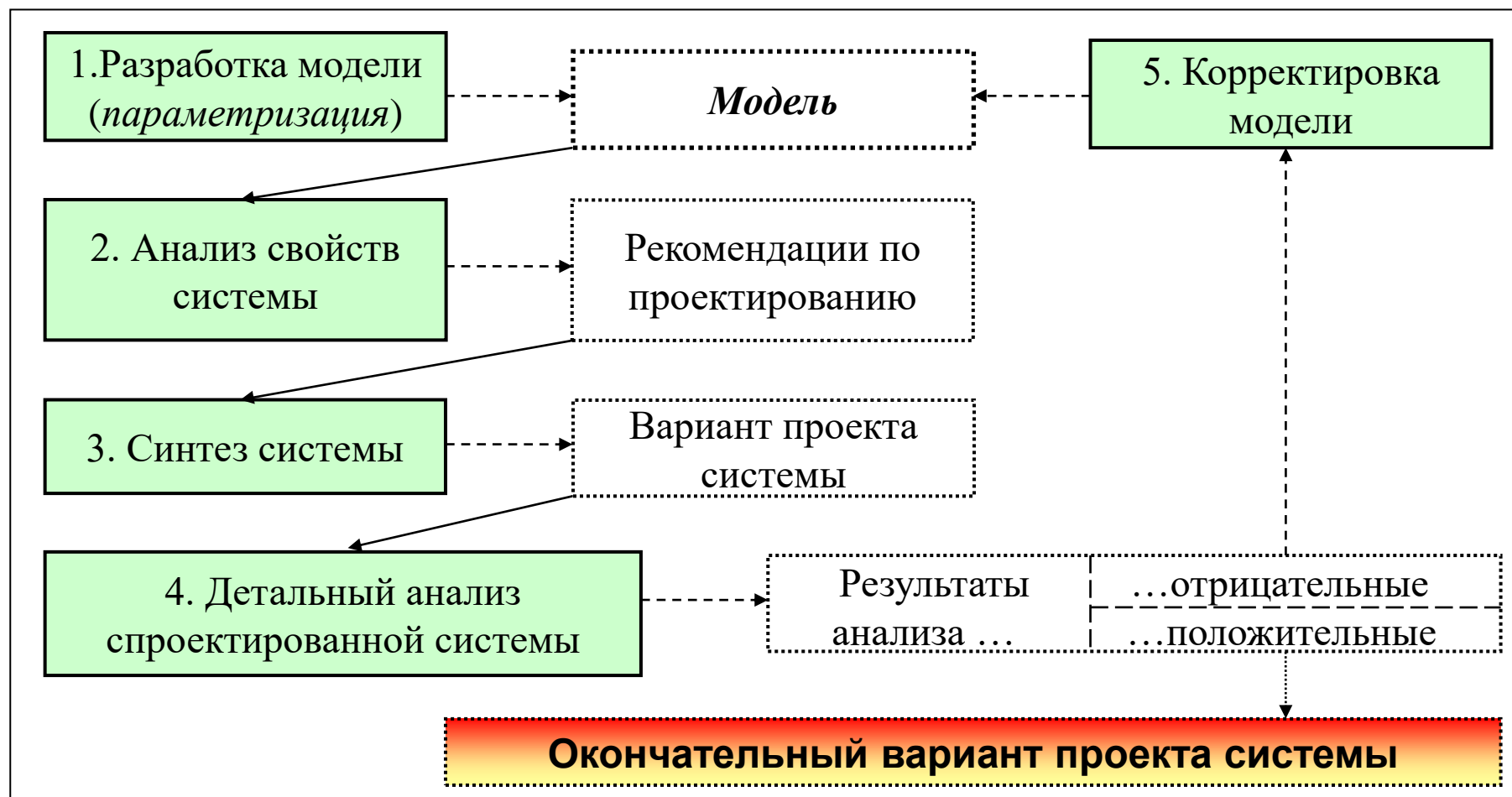
Методы исследования систем (процессов):

- экспериментальные (измерение);
- моделирование (математическое).

1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Задачи моделирования

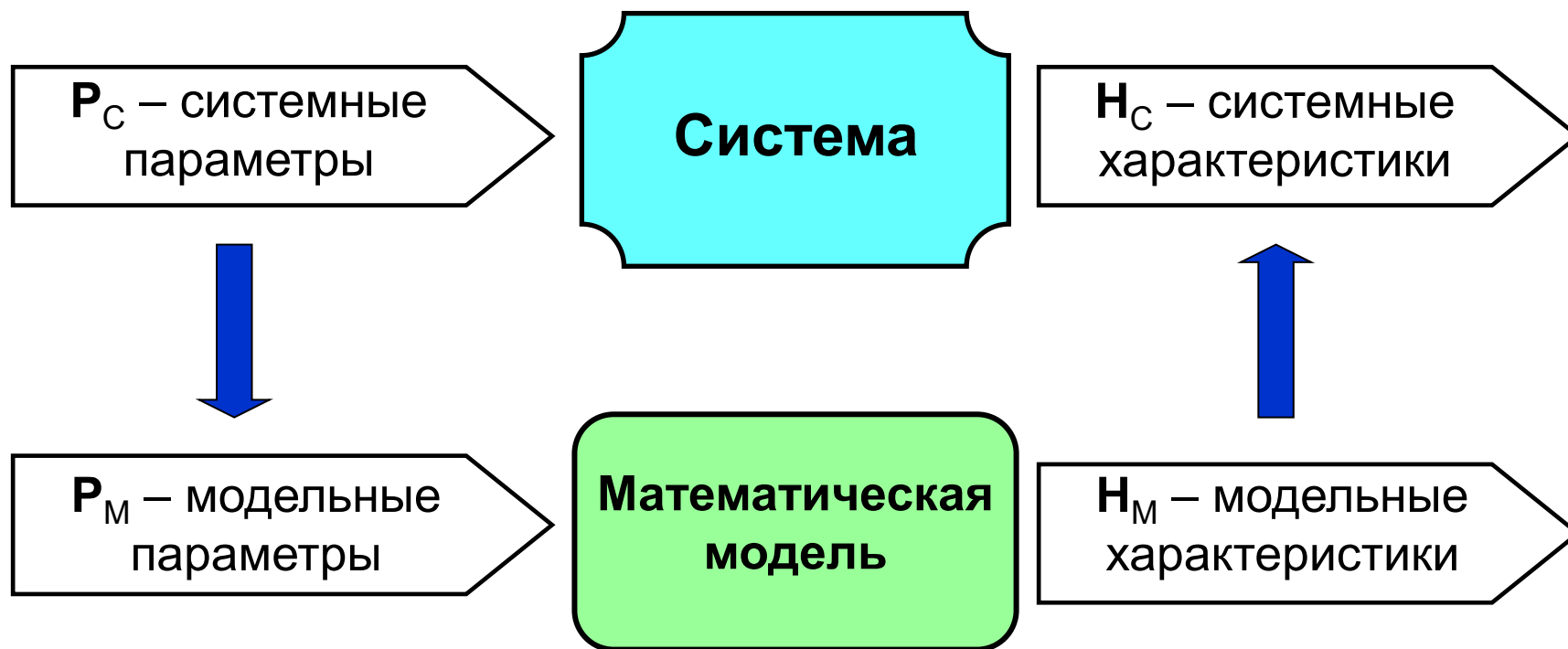
«Нет невыполнимой работы для человека, который не обязан делать ее сам» (Закон Вейлера)



1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Параметризация

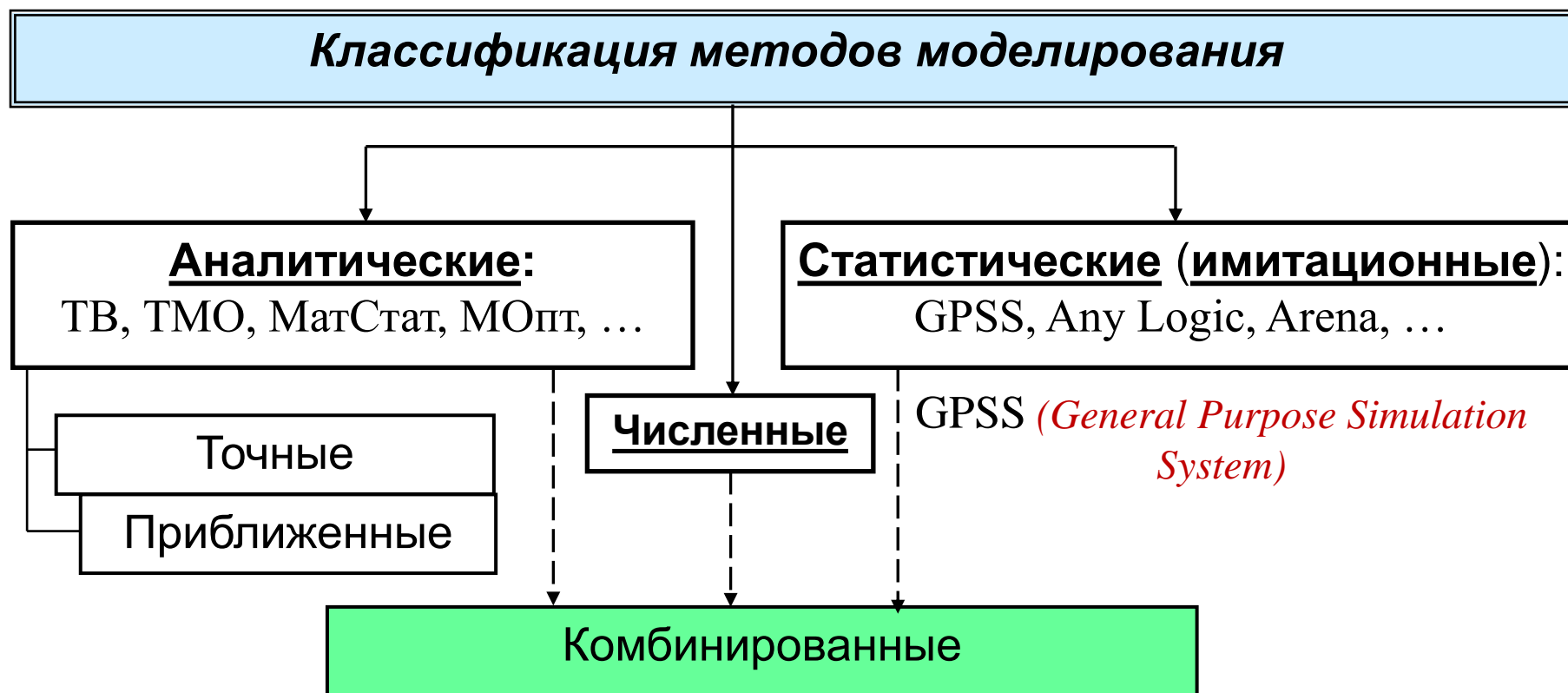
«Если кажется, что работу сделать легко, это непременно будет трудно» (Теорема Стакмайера)



1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Методы и средства моделирования

«Все не так легко, как кажется» (Следствие закона Мэрфи)



1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Сравнительный анализ методов моделирования

Метод моделирования	Сложность метода	Общность рез-тов	Точность рез-тов	Затраты времени	Матер. затраты	Задачи синтеза
Аналитический	{+}	{++++}	+	{+}	{+}	{+}
Имитационный	+++	+	{++++}	++++	++++	++++
Комбинированный	++++	++	+++	+++	+++	+++

Проблемы (недостатки) имитационного моделирования:

- экспоненциальной рост *сложности модели* при увеличении количества параметров системы;
- большие временные затраты на *разработку* модели и *проведение многочисленных экспериментов*;
- высокие требования к *техническим средствам* моделирования (компьютеру);
- наличие **методической** (и не только) **погрешности**;
- необходимость грамотного **планирования экспериментов из-за необходимости** выполнения большого числа экспериментов для решения задач анализа свойств исследуемой системы;
- значительные проблемы при попытке решения задач *оптимального синтеза* (проектирования) больших систем (процессов с большим числом состояний);
- проблемы моделирования **высоконагруженных систем** (а также малонагруженных).

1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Системы имитационного моделирования

GPSS World — среда имитационного моделирования общего назначения, охватывает области дискретного и непрерывного моделирования. Включает язык *PLUS* — язык программирования нижнего уровня. Система *GPSS World* допускает многозадачность, позволяя нескольким имитационным моделям выполняться одновременно.

Разработчик: компания *Minuteman Software Corp.*, США. Сайт: www.minutemansoftware.com .

GPSS/H — моделирование дискретных и непрерывных систем.

Разработчик: компания *Wolverine Software Corp.*, США. Сайт: www.wolverinesoftware.com .

Расширенный редактор GPSS World — универсальная система имитационного моделирования, охватывающая весь цикл имитационных исследований, от постановки задачи до документирования результатов. Основные особенности системы:

- высокий уровень интерактивности при проведении исследования;
- упрощение разработки моделей и проведения исследований;
- большой объем текстовой документации и оперативных подсказок.

Возможна организация облачного моделирования в сети Интернет. Имеется бесплатная студенческая версия системы.

Разработчик: компания **ООО «Элина-компьютер»**, Казань, Россия. Сайт: www.elina-computer.ru .

1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Системы имитационного моделирования

Arena — система дискретного моделирования *производственных технологических процессов и операций, складской учет, банковская деятельность, оптимизация обслуживания клиентов в сфере услуг, транспортные задачи*. Имеет удобный объектно-ориентированный интерфейс и может адаптироваться к различным предметным областям, не требует написания программного кода, проста в использовании, но для ее освоения требуются значительное время и достаточно глубокие знания **теории вероятностей, математической статистики, теории массового обслуживания, сетей Петри** и др.

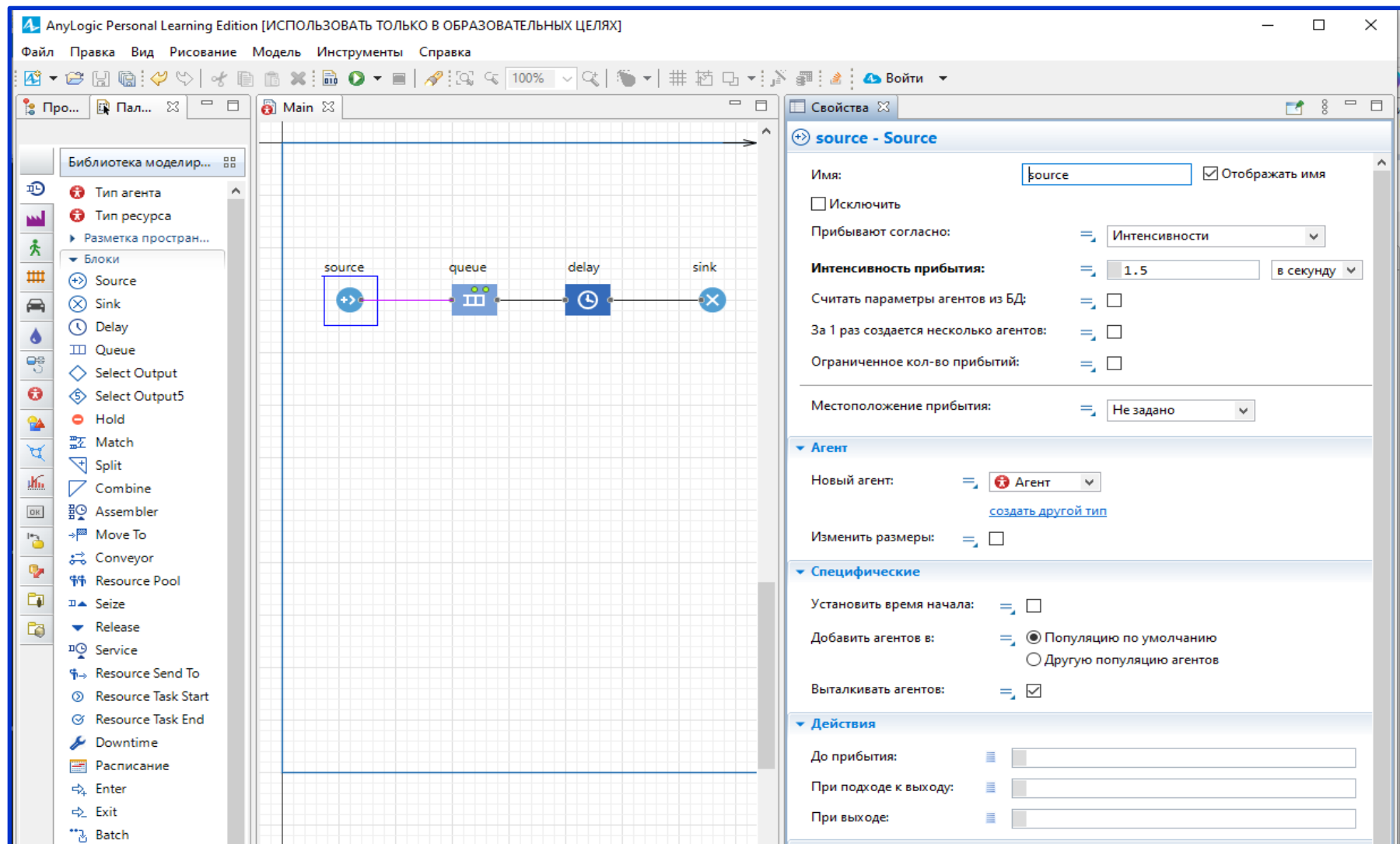
Разработчик: *Rockwell Automation Inc., Wexford, PA, США*. Сайт: www.arenasimulation.com .

AnyLogic поддерживает три подхода к созданию имитационных моделей: **дискретно-событийный** (процессно-ориентированный), **системно-динамический** и **агентный**, а также любую их комбинацию. Графический интерфейс, инструменты и библиотеки позволяют создавать модели для широкого круга задач в различных областях. *AnyLogic* широко применяется для бизнес-моделирования во многих международных компаниях, используется в образовании.

Разработчик: ***The AnyLogic Company, Россия***. Сайт: www.anylogic.ru .

1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Система имитационного моделирования AnyLogic



1.3. Задачи, методы и средства моделирования

Квалиметрия

Квалиметрия (от лат. qualis - какой по качеству и... метрия) – научная область, объединяющая методы *количественной оценки* качества продукции, определение численных значений показателей качества продукции.

Основные *задачи квалиметрии*:

- обоснование номенклатуры показателей качества;
- разработка методов определения показателей качества продукции (системы, процесса);
- оптимизация параметров изделий (системы, процесса);
- разработка обобщённых показателей качества и обоснование условий их использования в задачах оптимизации и управления качеством.

Квалиметрия использует *математические методы*: линейное, нелинейное и динамическое программирование, теорию оптимального управления, *теорию массового обслуживания* и т.п.

Количественная оценка качества применяется для *выбора оптимального или наилучшего варианта* продукции (системы) из некоторого числа сравниваемых вариантов, изучения динамики, планирования, контроля и аттестации качества продукции, обоснования выбора оптимальных решений при управлении качеством продукции и др.

1.4. Этапы моделирования систем

1. Разработка *концептуальной* модели (определение состава параметров и характеристик и выявление степени влияния параметров на характеристики).
2. Разработка (выбор) математической модели.
3. *Параметризация* модели.
4. Обоснование *адекватности* модели.
5. Выбор *метода* моделирования (аналитический, имитационный, комбинированный).
6. Выбор *средств* моделирования (GPSS, Any Logic, Arena, NS3, ...).
7. Проведение модельных *экспериментов*.
8. Обработка и формирование *результатов* моделирования.
9. Оценка *погрешности* результатов моделирования.
10. Перенос результатов моделирования на реальную систему.
11. Анализ свойств реальной системы.
12. Формулирование рекомендаций для проектирования.

«Моделирование»

Лектор: АЛИЕВ Тауфик Измайлович, *д.т.н., профессор*

tialiev@itmo.ru

**Национальный исследовательский университет ИТМО
(НИУ ИТМО)**

Факультет программной инженерии и компьютерной техники