

# Лекция 1

## Основы МССАПРКЭС

(методологического сопровождения  
систем автоматизированного  
проектирования конструирования  
электронных средств)

# Вопросы лекции

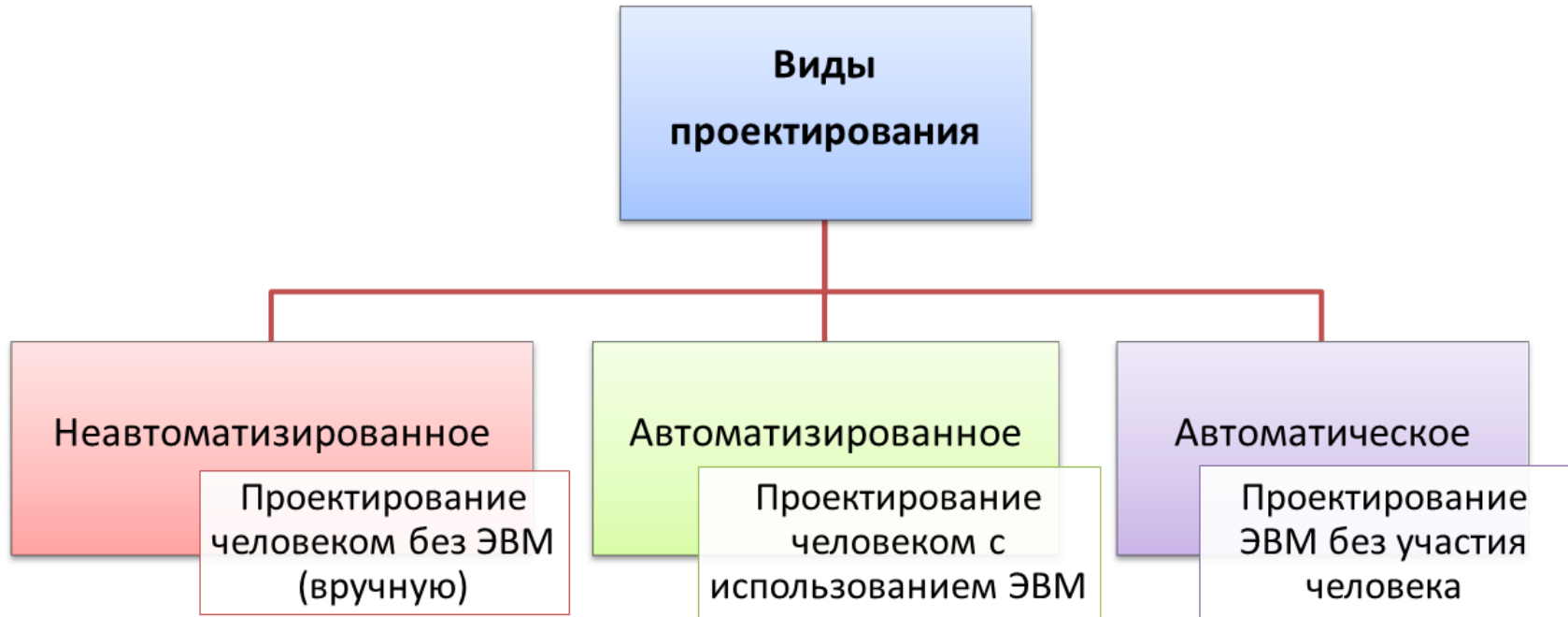
1. Роль и место МС в САПРКЭС
2. Соотношение функциональных характеристик электронных средств и САПР конструирования данных средств.
3. Реализация методологического сопровождения САПРКЭС в универсальных и специализированных программных средствах.

## Вопрос 1.

**Роль и место методологического  
сопровождения в САПРКЭС**

## Проектирование. Виды проектирования

**Проектирование** – это комплекс работ по исследованию, расчетам и конструированию нового изделия или нового процесса. В основе проектирования лежит первичное описание – техническое задание.



**Неавтоматизированное проектирование** - процесс проектирования, осуществляемый человеком вручную (без использования ЭВМ).

**Автоматизированное проектирование** - проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ.

**Автоматическое проектирование** - проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и алгоритма его функционирования осуществляются без участия человека. Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных частных случаях для сравнительно несложных объектов.

## САПР: понятие, цели, функции, возможности

**САПР – организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации (отдела) и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования (КСАП).**

**Основная функция САПР** - выполнение автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

**Основная цель применения САПР** – повышение эффективности труда инженеров, включая:

- сокращение трудоёмкости проектирования и планирования;
- сокращение сроков проектирования;
- сокращение себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращение затрат на натурное моделирование и испытания.

## Возможности САПР

Эффективность применения САПР обеспечивается следующими ее возможностями:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования (использование готовых фрагментов чертежей: конструктивных и геометрических элементов, унифицированных конструкций, стандартных изделий);
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

## Подходы к проектированию

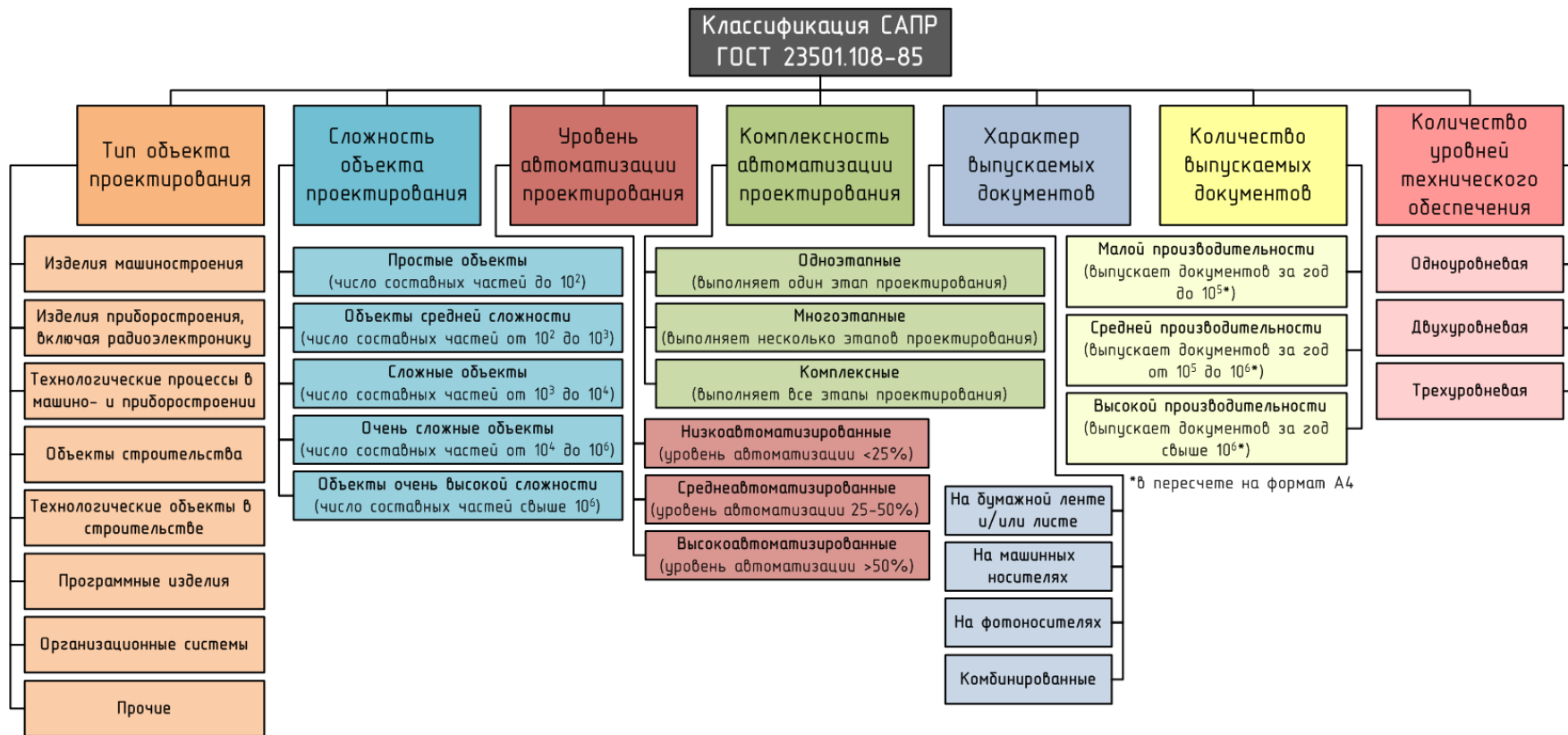
### Двухмерная геометрическая модель

- Создается чертеж, который служит средством графического представления изделия, содержащего информацию для решения графических задач, а также для изготовления изделия. Использование вычислительной техники облегчает оформление конструкторских документов, насыщенных изображениями стандартных, типовых, унифицированных составных частей, (например, электрических и других принципиальных, функциональных схем, печатных плат, модулей, приборов, электронных блоков, стоек, шкафов, пультов и т.д.); разработку текстовых документов (спецификаций, перечней элементов и др.).

### Пространственная геометрическая модель

- Является более наглядным способом представления оригинала и более мощным и удобным инструментом для решения геометрических задач. Чертеж в этих условиях играет вспомогательную роль, а методы его создания основаны на методах компьютерной графики, методах отображения пространственной модели.

# Отечественная классификация САПР по ГОСТ 23501.108-85



По каждому признаку установлены классификационные группировки САПР (позиции 1-8 в обозначении). Коды каждой классификационной группировки отделяют друг от друга точкой. Коды классификационных группировок определяют принадлежность создаваемой системы к определенному подмножеству (классу) САПР. Коды классификационных группировок по признакам сложности объекта проектирования, уровню автоматизации проектирования, сложности автоматизации проектирования и количеству выпускаемых документов определяют (до утверждения общепромышленных методик) по отраслевым нормативно-техническим документам.



# Зарубежная классификация САПР

CAD = автоматизированное проектирование

САПР = CAD system, Automated design system, CAE system

## Классификация по отраслевому назначению:

- MCAD (англ. *mechanical computer-aided design*) – автоматизированное проектирование механических устройств. Это машиностроительные САПР, применяются в автомобилестроение, судостроении, авиакосмической промышленности, производстве товаров народного потребления, включают в себя разработку деталей и сборок (механизмов) с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования (SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС, CATIA);
- EDA (англ. *electronic design automation*) или ECAD (англ. *electronic computer-aided design*) – САПР электронных устройств, радиоэлектронных средств, интегральных схем, печатных плат и т. п., (Altium Designer, OrCAD);
- AEC CAD (англ. *architecture, engineering and construction computer-aided design*) или CAAD (англ. *computer-aided architectural design*) – САПР в области архитектуры и строительства. Используются для проектирования зданий, промышленных объектов, дорог, мостов и проч. (Autodesk Architectural Desktop, Piranesi, ArchiCAD).

## Зарубежная классификация САПР

**По целевому назначению** различают САПР:

- CAD (англ. *computer-aided design/drafting*) – средства автоматизированного проектирования; термин обозначает средства САПР, предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации и создания цифровой модели изделия. САПР конструктора.
  - CADD (англ. *computer-aided design and drafting*) – проектирование и создание чертежей.
  - CAGD (англ. *computer-aided geometric design*) – геометрическое моделирование.
- CAE (англ. *computer-aided engineering*) – средства автоматизации инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов. Осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий; решают задачи прочностного анализа, теплофизических и гидродинамических расчетов, анализа пластической деформации и механического анализа (моделирование и прогнозирование поведения и движения механических систем) и др.
  - САА (англ. *computer-aided analysis*) – подкласс средств CAE, используемых для компьютерного анализа.
- CAM (англ. *computer-aided manufacturing*) – средства технологической подготовки производства изделий, обеспечивают автоматизацию программирования и управления оборудованием с ЧПУ или ГАПС. САПР технолога. Русский аналог термина – АСТПП – автоматизированная система технологической подготовки производства.
- CAPP (англ. *computer-aided process planning*) – средства автоматизации планирования технологических процессов применяемые на стыке систем CAD и CAM.

## CALS-технологии.PLM/PDM

**CALS-технологии (*Continuous Acquisition and Life cycle Support*) – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделия.**

Реализация CALS технологий в практическом плане предполагает организацию единого информационного пространства (интегрированной информационной среды), объединяющего автоматизированные системы, предназначенные как для эффективного решения задач инженерной деятельности, так и для планирования и управления производством и ресурсами предприятия.

Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий возлагается на систему PLM. Поэтому PLM можно считать средством практической реализации CALS.

**PLM (Product Lifecycle Management) – процесс управления информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла.**

PLM являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий.

PLM структурно включают в себя **PDM (*Product Data Management* – система управления данными об изделии) – организационно-технические системы, обеспечивающие управление информацией об изделии.**

PDM-системы интегрируют информацию любых форматов и типов, предоставляя её пользователям уже в структурированном виде. С помощью PDM можно создавать отчеты о конфигурации выпускаемых систем, маршрутах прохождения изделий, частях или деталях, а также составлять списки материалов. Все эти документы могут отображаться на экране производственной или конструкторской системы из одной и той же БД.

Наиболее известными PDM-системами являются ENOVIA и SmarTeam (Dessault Systemes), Teamcenter, Windchill, mySAP PLM (SAP), BaanPDM, Лоцман: PLM, PDM StepSuite, Party Plus.

## Состав и структура САПР

В соответствии с ГОСТ 23501.101-87, в структуре САПР выделяют следующие элементы:  
КСАП САПР – совокупность КСАП различных подсистем.

- **подсистемы САПР** - при помощи специализированных комплексов средств решается функционально законченная последовательность задач САПР с получением соответствующих проектных решений и проектных документов.
- **КСАП подсистемы САПР** – совокупность ПМК, ПТК и отдельных компонентов обеспечения САПР, не вошедших в программные комплексы, объединенная общей для подсистемы функцией.
- **ПТК** – программно-технические комплексы;
  - **компоненты обеспечения ПТК САПР;**
  - **ПМК** – программно-методические комплексы;
  - **компоненты обеспечения ПМК САПР;**
- **компоненты обеспечения САПР, не вошедшие в ПМК и ПТК.**

**Программно-технический комплекс** – взаимосвязанная совокупность программно-методических комплексов, объединенных по некоторому признаку, и средств технического обеспечения САПР. Примеры ПТК: автоматизированные рабочие места, включающие в себя ЭВМ, комплект периферийных устройств и ряд.

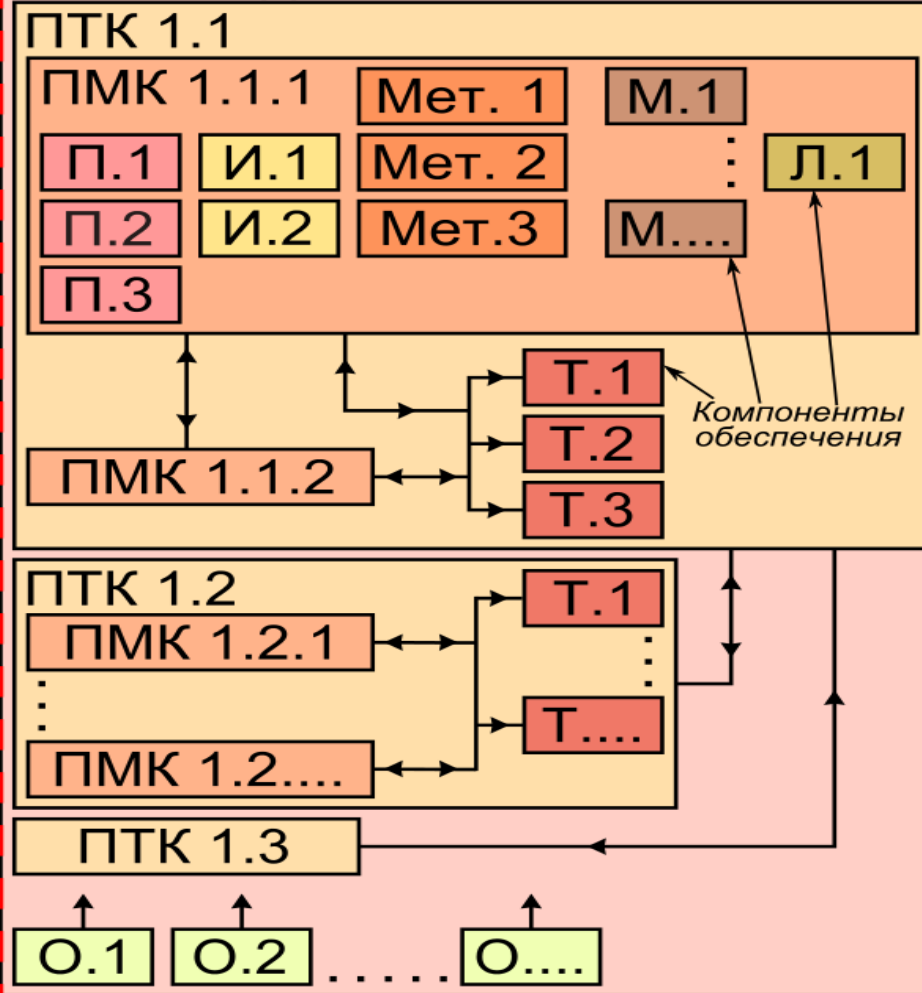
**Программно-методический комплекс** – взаимосвязанная совокупность некоторых частей программного, математического, лингвистического, методического и информационного обеспечения, необходимая для получения законченного проектного решения по объекту проектирования или для выполнения определенных унифицированных процедур. Примеры ПМК: оформления документации, синтеза проектных решений, моделирования и т. п.

# Состав и структура САПР

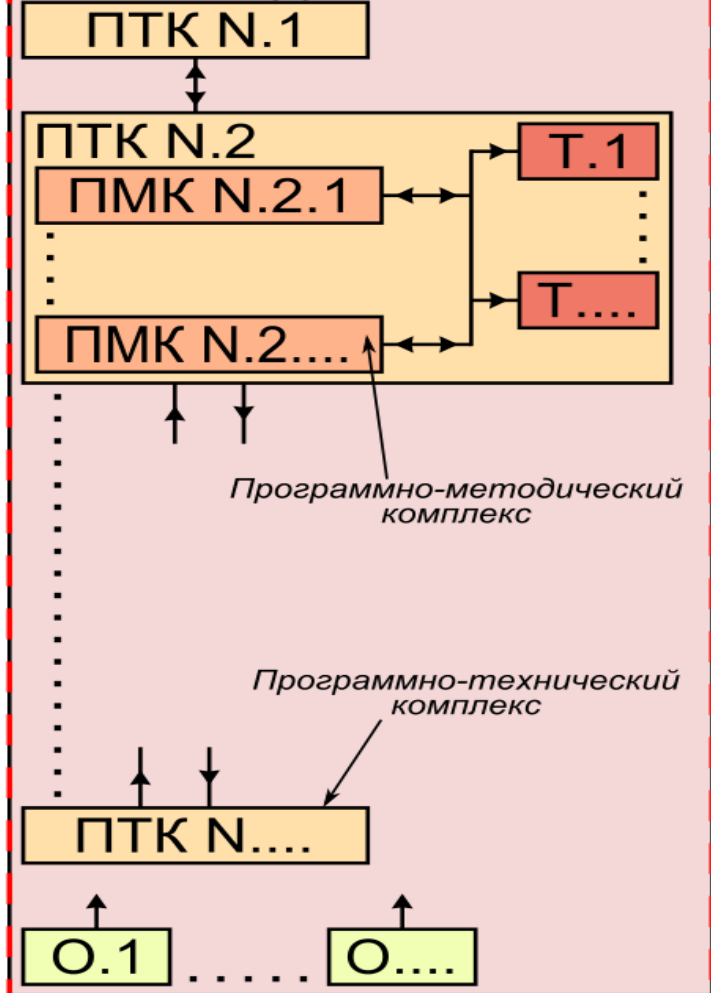
**САПР** (система автоматизированного проектирования)

**КСАП САПР** (комплекс средств автоматизации проектирования САПР)

КСАП подсистемы 1



КСАП подсистемы N



ПОЛЬЗОВАТЕЛИ

Подсистема 1

Подсистема N

# Состав и структура САПР

## Виды подсистем по назначению:

### Проектирующие (функциональные)

- Реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач. Выполняют проектные процедуры используя все средства обслуживающих подсистем.

### Обслуживающие

- Имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, оформление, передачу и выдачу полученных результатов. Объектно-независимые подсистемы, реализующие функции, общие для подсистем или САПР

## Примеры проектирующих подсистем:

- подсистема эскизного проектирования;
- подсистема проектирования корпусных деталей;
- подсистема проектирования технологических процессов механической обработки;
- подсистема проектирования сборочных единиц;
- подсистема проектирования деталей;
- подсистема проектирования схемы управления;
- геометрического трехмерного моделирования механических объектов;
- подсистема технологического проектирования.

## Примеры обслуживающих подсистем:

- автоматизированный банк данных;
- подсистема документирования;
- подсистема графического ввода/вывода;
- подсистемы управления проектными данными;
- обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

## Состав и структура САПР: проектирующие подсистемы

### Виды проектирующих подсистем по функциональному значению:

#### ФП1

- поиск аналогов (проводится поиск в БД конструкторской документации известных проектных решений, аналогов изделия (проекта));

#### ФП2

- инженерный синтез (при необходимости проводится создание новой конструкции изделия);

#### ФП3

- инженерный анализ (проводится анализ разработки на соответствие заданным требованиям);

#### ФП4

- формирование и ведение проектной документации.

### Виды проектирующих подсистем по отношению к объекту проектирования:

#### Объектные (объектно-ориентированные)

- выполняют одну или несколько проектных процедур или операций, непосредственно зависящих от конкретного объекта проектирования.

#### Инвариантные (объектно-независимые)

- выполняют унифицированные проектные процедуры и операции, имеющие смысл для многих типов объектов проектирования.

## Состав и структура САПР: виды обеспечения

Подсистемы состоят из **компонентов** (наименьших неделимых элементов, выполняющих определённую функцию), обеспечивающих функционирование подсистемы. Совокупность однотипных компонентов образует **средство обеспечения САПР**.

### Виды обеспечения САПР:

#### Программное

- Совокупность всех программ и эксплуатационной документации.

#### Информационное

- Данные, используемые проектировщиками непосредственно для выработки проектных решений в процессе проектирования.

#### Методическое

- Документы, регламентирующие порядок эксплуатации, описание технологии функционирования САПР, технологических приемов.

#### Математическое

- Математические методы, модели объектов и процессов проектирования, алгоритмы решения задач проектирования.

#### Лингвистическое

- Языки проектирования, представляющие объекты, процессы, средства проектирования и диалог проектировщик-компьютер.

#### Техническое

- Совокупность связанных и взаимодействующих технических средств, обеспечивающих процесс проектирования.

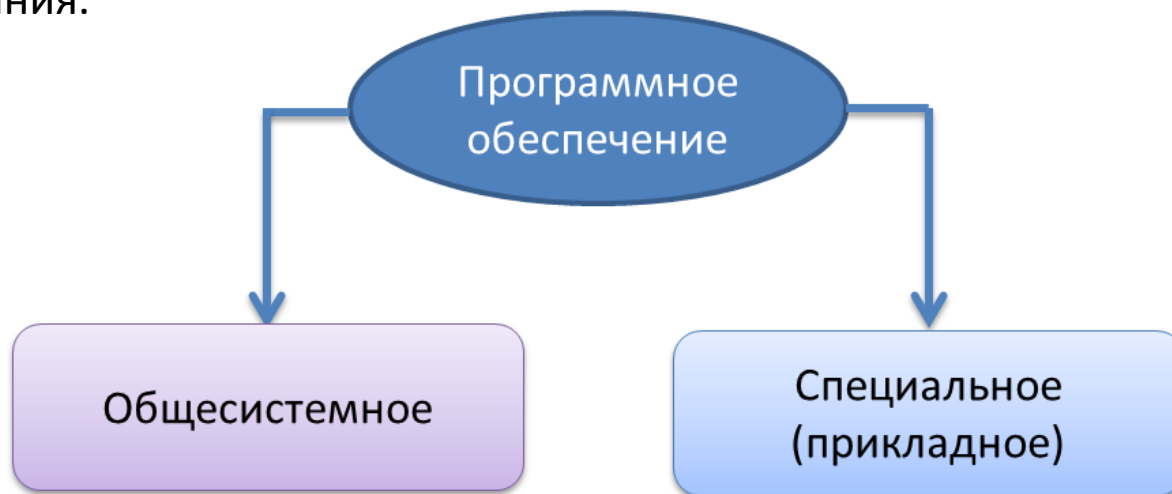
#### Организационное

- Совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, деятельность САПР.



## Виды обеспечения САПР: программное обеспечение

**Программное обеспечение** – совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования.



Предназначено для организации функционирования технических средств, т. е. для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов (операционные системы).

Реализует математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Включает пакеты прикладных программ, предназначенные для обслуживания определенных этапов проектирования или решения групп однотипных задач внутри различных этапов (модуль проектирования трубопроводов, пакет схемотехнического моделирования, геометрический решатель САПР)

## Виды обеспечения САПР: информационное, методическое обеспечение

**Информационное обеспечение** – данные, которыми пользуются проектировщики в процессе проектирования непосредственно для выработки проектных решений. Данные могут быть представлены в виде документов на различных носителях, содержащих сведения справочного характера о материалах, параметрах элементов, сведения о состоянии текущих разработок в виде промежуточных и окончательных проектных решений.

Основной формой реализации, компонентов информационного обеспечения являются БД в распределенной или централизованной форме. Совокупность БД САПР должна удовлетворять принципу информационного единства, т. е. использовать термины, символы, классификаторы, условные обозначения, способы представления данных, принятые в САПР объектов конкретных видов.

Создание, поддержка и использование БД, а также взаимосвязь между информацией в БД и обрабатывающими ее программными модулями осуществляется системой управления базами данных (СУБД), являющейся частью одной из обслуживающих подсистем.

**Методическое обеспечение** – документы, регламентирующие порядок эксплуатации, описание технологии функционирования САПР, методов выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов. Документы, относящиеся к процессу создания САПР, не входят в состав методического обеспечения.

Виды обеспечения САПР: математическое, лингвистическое обеспечение

**Математическое обеспечение** – математические методы, модели объектов и процессов проектирования, алгоритмы решения задач проектирования, т.е. принципы построения функциональных моделей, методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений, постановки экстремальных задач, поиски экстремума и др.

По назначению и способам реализации математическое обеспечение делят на две части:

- математические методы и построенные на них математические модели;
- формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

**Лингвистическое обеспечение** – специальные языковые средства (языки проектирования), используемые для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования, а также для осуществления диалога проектировщик-компьютер и обмена данными между техническими средствами САПР. К компонентам лингвистического обеспечения относят языки проектирования, информационно-поисковые языки, и вспомогательные языки, используемые в обслуживающих подсистемах, и для связи с ними проектирующих подсистем.

## Виды обеспечения САПР: техническое, организационное обеспечение

**Техническое обеспечение** – это совокупность связанных и взаимодействующих технических средств, облегчающих процесс автоматизированного проектирования.

К компонентам технического обеспечения относят устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи данных, измерительные и другие устройства и их сочетания, обеспечивающие функционирование ПТК и КСАП, в том числе диалоговый, многопользовательский и многозадачный режим работы, а также построение иерархических и сетевых структур технического обеспечения.

В качестве предпочтительной для САПР следует использовать двухуровневую структуру технического обеспечения, включающую центральный вычислительный комплекс и автоматизированные рабочие места (терминальные станции).

**Организационное обеспечение** – совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, организационную структуру объекта и системы автоматизации, деятельность в условиях функционирования системы, форму представления результатов проектирования, задачи и функции службы САПР и связанных с нею подразделений проектной организации; права и ответственность должностных лиц по обеспечению создания и функционирования САПР; порядок подготовки и переподготовки пользователей САПР.

В организационное обеспечение входят штатные расписания, должностные инструкции, правила эксплуатации, приказы, положения и т. п.

# Методологическое сопровождение САПРКЭС

**Методология** - наука о том, **КАК ДЕЛАТЬ**. Она изучает общие принципы деятельности, следование которым делает эту деятельность продуктивной.

**Методологическое сопровождение САПРКЭС** в широком смысле охватывает методики использования всех видов обеспечения САПРКЭС, но в узком смысле оно отражает заложенные в них закономерности, которые в наиболее общей форме имеют формализованный математический вид. Поэтому основу методологического сопровождения САПРКЭС составляет, прежде всего, **математическое обеспечение**.

Под методологическим сопровождением САПР может также пониматься не противоречащее отмеченному выше акценту на математическом обеспечении **расширенное толкование методического обеспечения САПР**, которое при этом включает в себя: теорию процессов, происходящих в схемах и конструкциях ЭС; методы анализа и синтеза систем ЭС, схем и конструкций электронных устройств, систем и их составных частей; их математические модели; математические методы и алгоритмы численного решения систем уравнений, описывающих схемы и конструкции ЭС. Указанные компоненты методического обеспечения составляют ядро САПР. В методическое обеспечение САПР (в указанном расширенном смысле) входят также специальные языки программирования и специальные программные средства, терминология, нормативы, стандарты и другие данные.

## Вопрос 2

**Соотношение функциональных характеристик электронных средств и САПР конструирования данных средств.**

## Обобщенная треугольная модель характеристик оптимизируемой системы электронных средств (на примере сети связи)

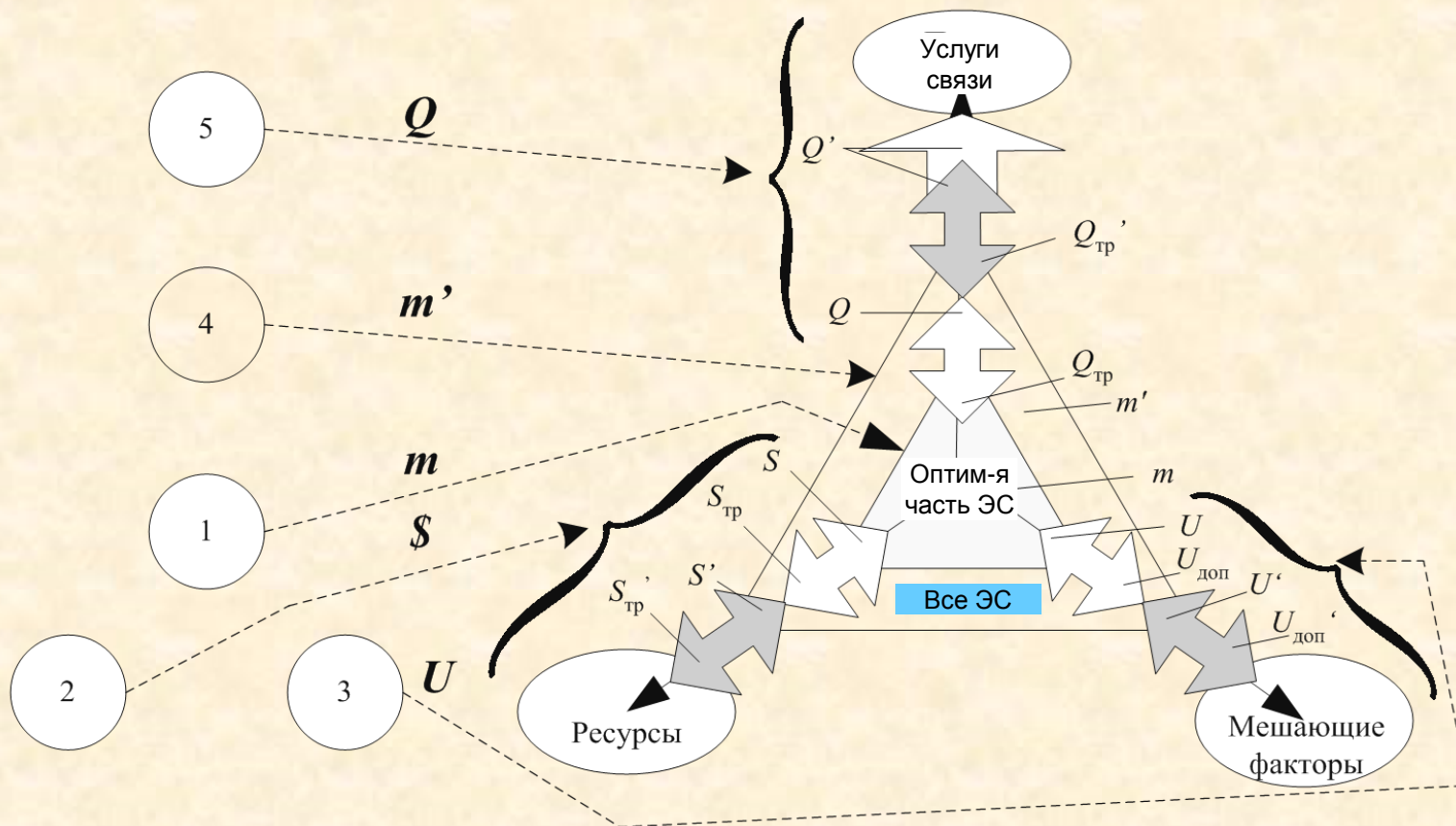


Что понимается под «оптимизацией» проектируемой системы ЭС (сети связи)

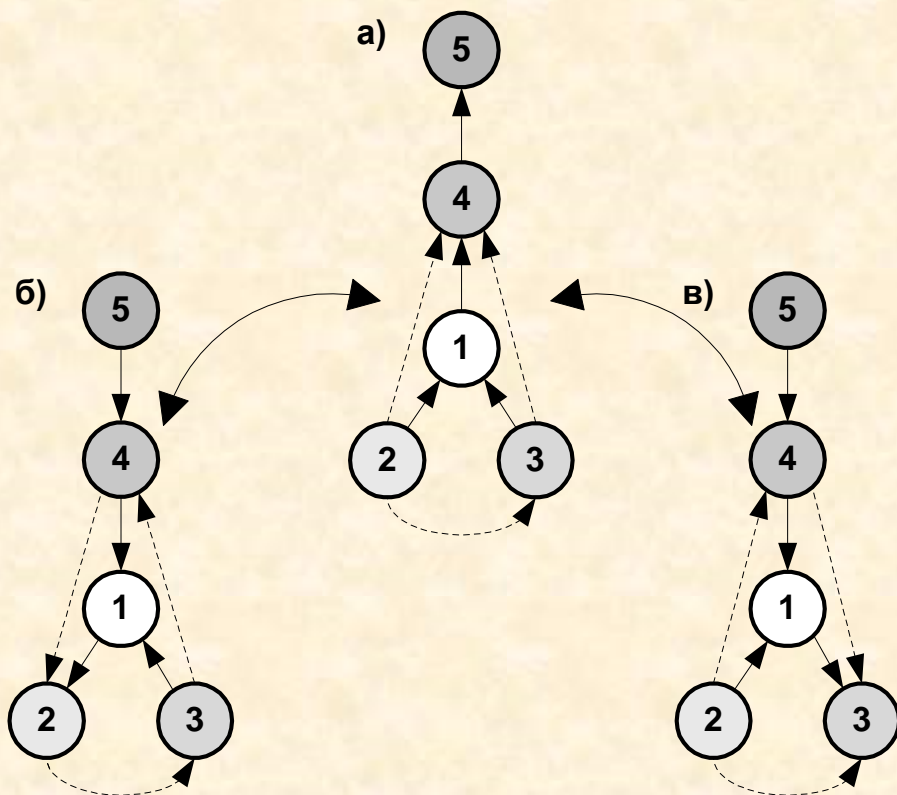
Процедура «оптимизации» проектируемой системы ЭС предполагает поиск и определение таких настраиваемых (управляемых) параметров (*AP – adjustable parameter*) ЭС (*внутренних характеристик*), при которых «улучшаются» заданные частные и/или обобщенные показатели качества (эффективности) функционирования системы ЭС (в т.ч. *KPI – Key Performance Indicator*), в частности, показатели качества связи, устойчивости и/или затрат ресурсов (*внешние характеристики*)



## Выделение существенных характеристик оптимизируемой части ЭС (например, отдельного ЭС)



## Варианты постановок задач анализа оптимизируемой части системы ЭС с учетом причинно-следственных связей между моделями внутренних и внешних характеристик всей системы

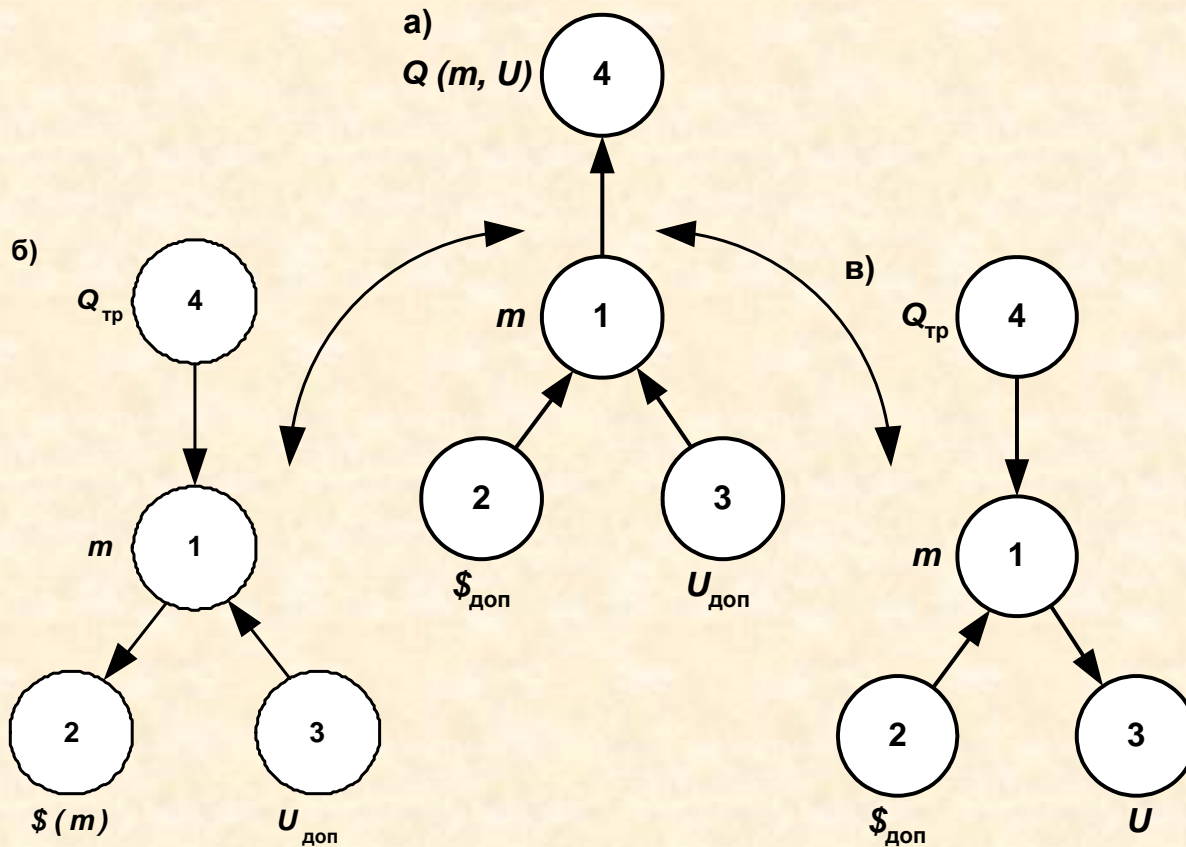


**а) «прямая задача» анализа**  
оптимизируемой части системы (1) по **обеспечиваемому качеству услуг (5)** при заданных ресурсах (2), условиях (3) и параметрах остальной части системы (4)

**б) «обратная задач» анализа**  
оптимизируемой части системы (1) по **необходимому объему ресурсов (2)** при заданных услугах (5), условиях (3) и параметрах остальной части системы (4)

**в) «обратная задач» анализа**  
оптимизируемой части системы (1) по **допустимому уровню мешающих факторов (3)** при заданных услугах (5), ресурсах (2) и параметрах остальной части сети (4)

**Варианты причинно-следственных связей между моделями, учитываемые при анализе оптимизируемой части системы (1) без использования модели всей системы**



**Варианты постановок задач синтеза (поиска «наилучших» или «подходящих» значений управляемых параметров) на основе различных вариантов учета причинно-следственных связей между моделями внутренних и внешних характеристик оптимизируемой части системы электронных средств**

а)

$$m^* = \arg \max_{m \in M(S_{\text{доп}})} Q(m, U) \mid S(m) \in S_{\text{доп}}, U \in U_{\text{доп}}$$

$$m^* = \arg \max_{m \in M(S_{\text{доп}})} Q(m, U) \in Q_{\text{тр}}, U \in U_{\text{доп}}, S(m) \in S_{\text{доп}}$$

а) найти «наилучшие» или «подходящие» значения управляемых параметров  $m^*$  при которых обеспечивается наилучшее или требуемое качество функционирования  $Q$  при заданных ресурсах  $S_{\text{доп}}$  и условиях  $U_{\text{доп}}$

б)

$$m^* = \arg \min_{m \in M(S_{\text{доп}})} S(m) \mid Q(m, U) \in Q_{\text{тр}}, U \in U_{\text{доп}}$$

$$m^* = \arg \min_{m \in M(S_{\text{доп}})} S(m) \in S_{\text{доп}}, U \in U_{\text{доп}}, Q(m, U) \in Q_{\text{тр}}$$

б) найти «наилучшие» или «подходящие» значения управляемых параметров  $m^*$  при которых обеспечивается минимальный или допустимый расход ресурсов  $S$  при заданных требованиях к качеству  $Q_{\text{тр}}$  и условиях  $U_{\text{доп}}$

в)

$$m^* = \arg \max_{m \in M(S_{\text{доп}})} U(m, Q) \mid S(m) \in S_{\text{доп}}, Q(m, U) \in Q_{\text{тр}}$$

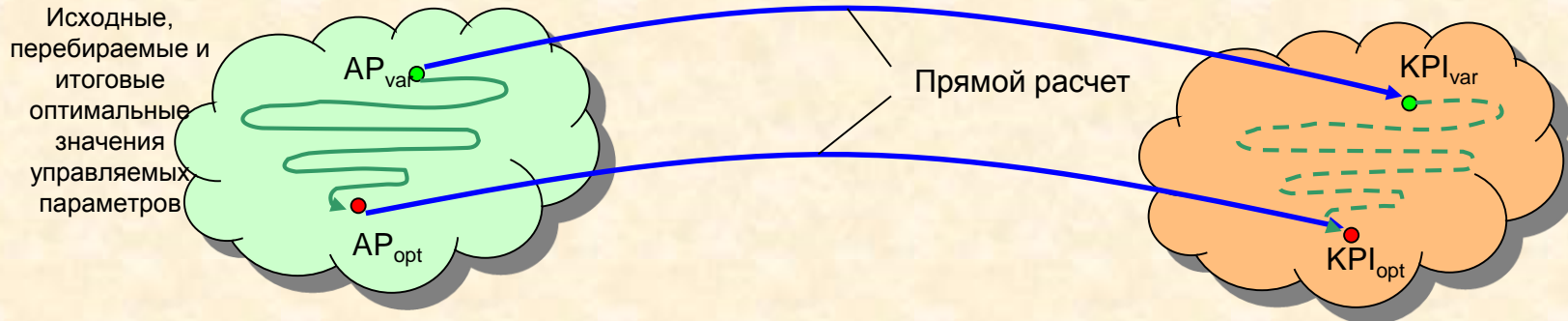
$$m^* = \arg \max_{m \in M(S_{\text{доп}})} U(m, Q_{\text{тр}}) \in U_{\text{тр}}, S(m) \in S_{\text{доп}}, Q(m, U) \in Q_{\text{тр}}$$

в) найти «наилучшие» или «подходящие» значения управляемых параметров  $m^*$  при которых гарантируется устойчивость к наибольшему или заданному уровню мешающих факторов  $U_{\text{тр}}$  при заданных требованиях к качеству  $Q_{\text{тр}}$  и ресурсах  $S_{\text{доп}}$

# Методы решения задач синтеза (поиска «наилучших» или «подходящих» значений управляемых параметров) оптимизируемой части системы ЭС

1. «Синтез через анализ» – пошаговый перебор управляемых параметров ( $m = AP_{var}$ ) с контролем результатов прямого расчета показателей качества ( $Q = KPI_{var}$ ) на каждом шаге до момента получения приемлемого (оптимального или требуемого) результата ( $AP_{opt} \rightarrow KPI_{opt}$ )

Прогнозируемые значения KPI



Универсальный и точный способ для любых AP и KPI, но требует много времени

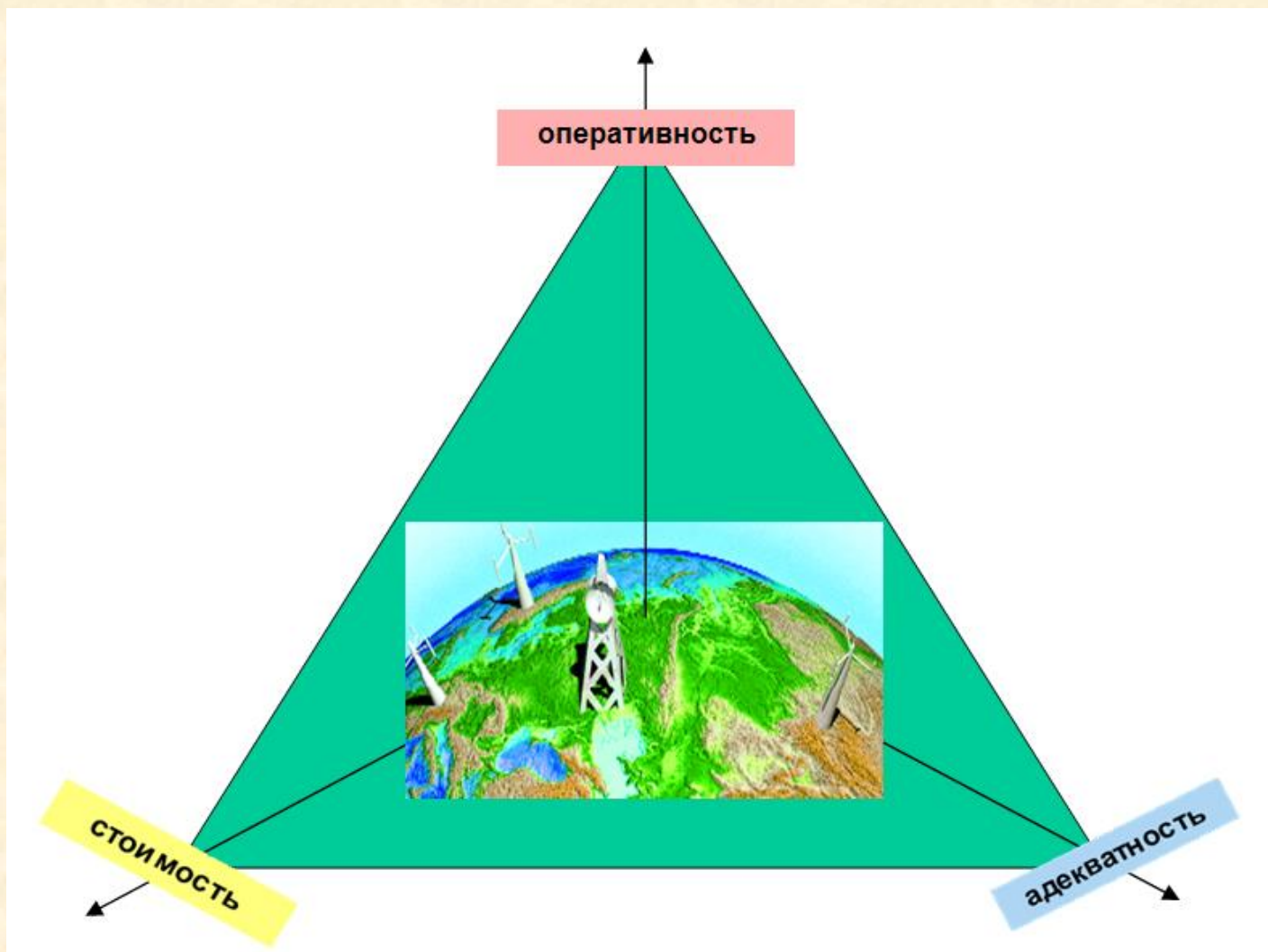
2. «Непосредственный синтез» – обратный расчет оптимальных (требуемых) значений управляемых параметров ( $m = AP_{opt}$ ) на основании заданных оптимальных (требуемых) значений показателей качества ( $\max Q \mid Q_{tr} = KPI_{opt}$ )

KPI по данным статистики

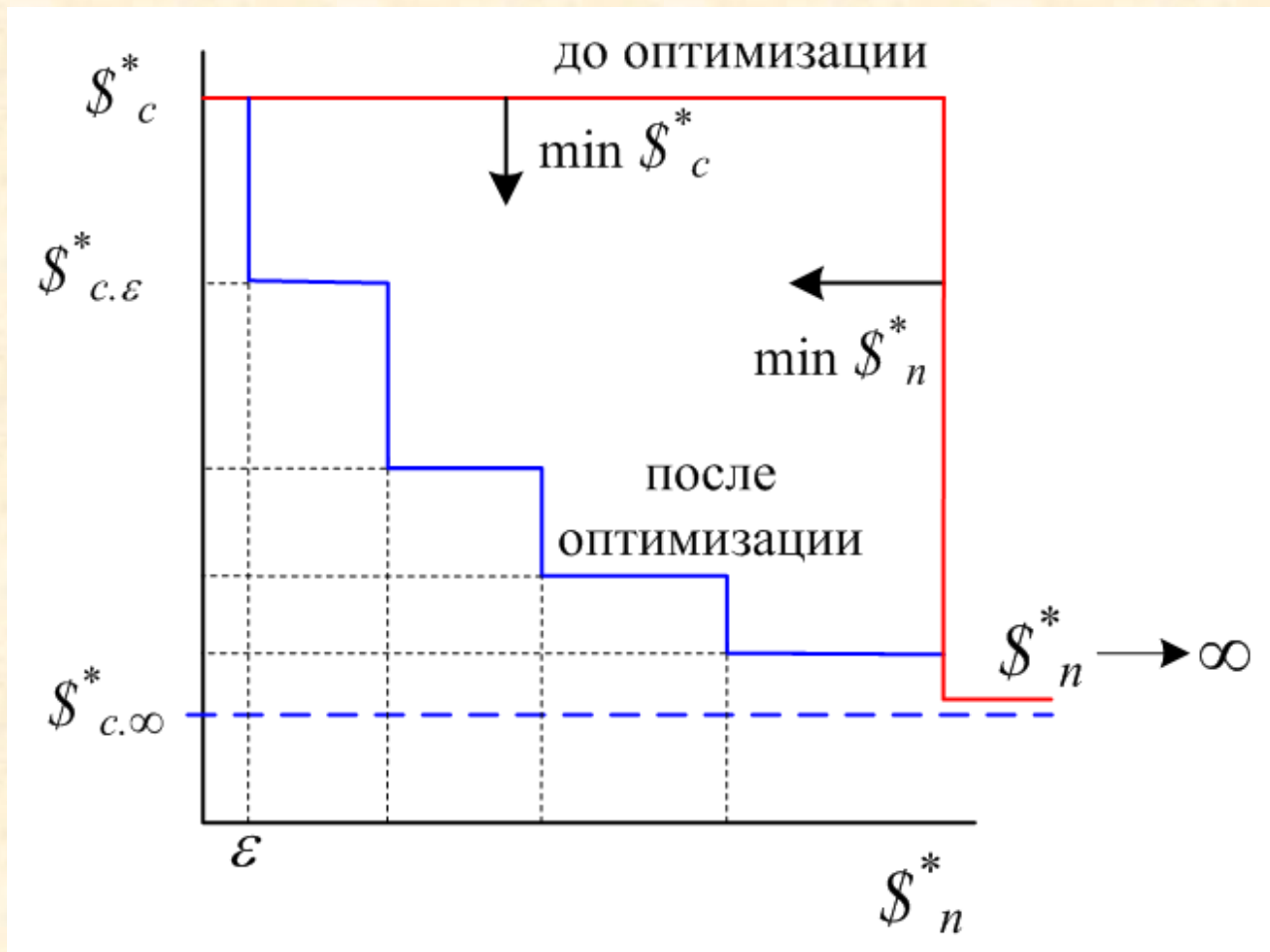


Быстрый способ, но реализуем только для некоторых AP и KPI и без гарантий точности

## Обобщенная модель характеристик САПР КЭС (например, для проектируемой сети связи)



# Оптимизация соотношения затрат на проектирование $\$^*_n$ и на функционирование системы электронных средств $\$^*_c$



## **Вопрос 3**

**Реализация методологического  
сопровождения САПРКЭС в  
универсальных и специализированных  
программных средствах**



По типу решаемых задач программные пакеты САПР можно разделить на 4 группы.

**I. Пакеты программ для конструкторского проектирования приборов (CAD)** решают задачи создания:

- 2-х и 3-х мерных моделей проектируемых конструкций;
- Создания конструкторской документации в рамках стандартов;
- Архивирования и хранения документации на цифровых носителях и перевод её в «твёрдые» копии.

К программным пакетам I группы (CAD) относятся:

- **AutoCAD** - 3-х мерное и 2-х мерное проектирование, подготовка конструкторской документации.
- «**Компас**» - подготовка конструкторской документации в первую очередь в соответствии с ГОСТ.
- **Solid Works** – в первую очередь трёхмерное моделирование конструкций.

**II. Пакеты программ для инженерных расчётов и математического моделирования (CAE)** решают задачи автоматизации сложных инженерных расчётов с возможностью сохранения их результатов в цифровом виде и перевода их в «твёрдые копии». Более сложные программные пакеты данной группы позволяют создавать математические модели процессов и устройств, используя готовые библиотечные компоненты и специализированный пользовательский интерфейс.

К программным пакетам II группы (CAE) относятся:

**MathCAD** — выполнение и документирование инженерных расчётов, создание простых общих математических моделей, т.н. вычислительных документов.

**Mathematica** — система компьютерной алгебры компании Wolfram Research. Содержит множество функций, как для аналитических преобразований, так и для численных расчётов. Кроме того, программа поддерживает работу с графикой и звуком, включая построение двух- и трёхмерных графиков функций, рисование произвольных геометрических фигур, импорт и экспорт изображений и звука.

**MATLAB** — пакет прикладных программ ориентированный в первую очередь на создание сложных математических моделей для инженерных расчётов. Содержит встроенный язык математического программирования и среду создания и анализа моделей на основе мнемонических блоков – Simulink. А также крайне большой набор библиотек и инструментов для ведения моделирования в реальном времени.

**LabVIEW** — помимо математического моделирования позволяет создавать прикладные программы для ПК, ориентированные на управление внешними устройствами, в том числе и научным оборудованием. Даёт возможность вести обработку информации, получаемой с оборудования в реальном времени

**III. Пакеты программ для технологической подготовки производства (САМ)** ориентированы на автоматизацию разработки технологических процессов производства, их документирование в цифровом и «твёрдом» виде. Как правило, включают в себя библиотеки типовых тех. процессов и базы данных стандартных инструментов и оснастки. Особая подкатегория в данной группе – программные пакеты, ориентированные на подготовку управляющих программ для станков-автоматов с программным управлением и для управления ГАП.

К программным пакетам III группы (CAM) относятся:

**ADEM** – российский пакет программ САПР, предназначенный для конструкторско-технологической подготовки производства.

**Компас Автопроект** – ориентирован на подготовку технологических процессов, содержит библиотеки типовых процессов и базы данных инструментов.

**CAM 350** – подготовка печатных плат к производству, созданных в P-CAD. Подготовка фотошаблонов и управляющих программ для сверлильных станков.

**NX CAM** – система автоматизированной разработки управляющих программ для станков с ЧПУ (числовым программным управлением) от компании Siemens PLM Software.

**IV. Пакеты программ для автоматизации проектирования электронных устройств (EDA)** ориентированы на автоматизацию проектирования элементов конструкции электронных устройств (в основном узлов на печатной плате) и моделирования электрических схем. А так же для создания и отладки конфигурирующих кодов для ПЛИС и программного обеспечения для микроконтроллеров.

**OrCAD** — пакет программ, предназначенный для автоматизации проектирования электронных приборов. Используется, в основном, для создания электронных моделей печатных плат, а также для разработки электронных схем и их моделирования.

**P-CAD** – пакет программ, ориентированный на сквозное проектирования электронных узлов на печатной плате, с возможностью автотрассировки и симуляции электронных устройств, при наличии дополнительных утилит.

**Altium Designer** – пакет программ, разработанный фирмой Altium на основе и взамен пакетов P-CAD и Protel. Предназначен для разработки узлов на печатной плате с возможностью пространственного моделирования, схемотехнического моделирования электронных устройств, а так же для разработки конфигурационных кодов для ПЛИС.

**PROTEUS VSM** – пакет программ ориентированный на схемотехническое моделирование. Имеет возможность моделирования работы программируемых устройств: микроконтроллеров, микропроцессоров, DSP.

**IAR Embedded Workbench** – семейство пакетов прикладных программ САПР, ориентированных на компиляцию и отладку(симуляцию и внутрисхемную отладку) ПО микроконтроллеров.

**QUARTUS II** – пакет прикладных программ фирмы Altera, ориентированный на генерацию и отладку, в том числе и внутрисхемную конфигурационных кодов ПЛИС фирмы Altera.