

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование - процесс направленного действия проектировщика (группы проектировщиков), необходимый для выработки технических решений, достаточных для реализации создаваемого (несуществующего) объекта, удовлетворяющего заданным требованиям.

Факторы определяющие широкое применение САПР

- 1. Замена натурных испытаний и макетирования математическим моделированием.*
- 2. Автоматизация синтеза решений.*
- 3. Формирование и выпуск конструкторской и технологической документации*

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К САПР И СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

1. Простой доступ пользователя к САПР.

Под простым доступом к САПР понимается возможность реализации проектной процедуры, необходимой пользователю, на основе специальных языковых средств, ориентированных на пользователя.

Простота доступа пользователя реализуется языковыми средствами описания проектируемого объекта, ориентированными на конкретного пользователя, и универсальным математическим обеспечением САПР, транслирующим это описание в соответствующую программную модель.

2. Прямой доступ пользователя к САПР.

Под прямым доступом понимается возможность непосредственного обращения пользователя к программно-информационным средствам САПР, иначе говоря, возможность оперативного ввода данных и отображения результатов проектирования.

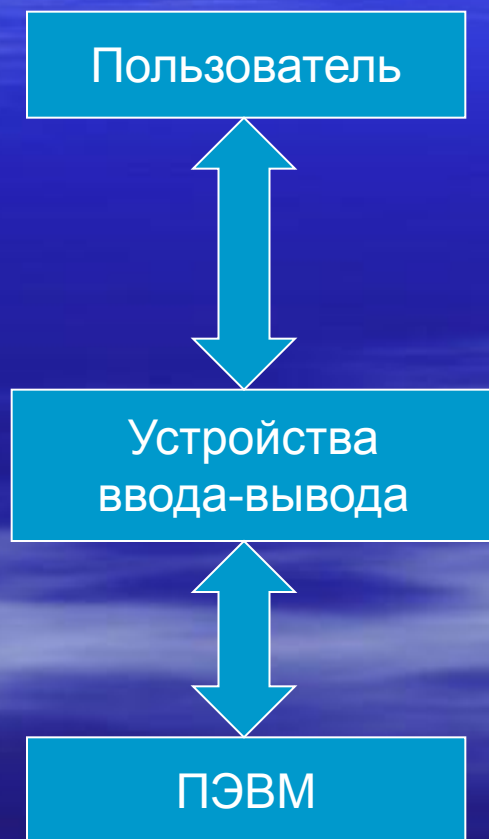
Пакетный режим взаимодействия

а)



Режим прямого доступа

б)



ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К САПР И СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

3. Универсальность ПО САПР

Универсальность определяется степенью инвариантности программ по отношению к проектным задачам. Универсальное ПО позволяет решать с помощью одних и тех же программных средств широкий круг проектных задач.

К универсальным программным средствам могут быть отнесены, например, программы организации данных и управления вычислительным процессом.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К САПР И СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

4. Адаптация САПР к условиям проектирования.

Адаптируемость в отличие от универсальности предполагает главным образом возможность включения в систему новых программных средств и расширения базиса структурного синтеза для отслеживания непредусмотренных изменений среды проектирования.

К изменениям среды относятся:

- смена используемой в проектировании проектной базы,
- изменение конструктивов,
- смена технологических требований, изменение парка исполнительных автоматов,
- смена состава и форм конструкторской документации,
- появление более современных методов (алгоритмов) проектирования и т. д.

Средства адаптации обеспечивают долговечность и живучесть системы.

Степень адаптируемости характеризуется объемом работ по внесению изменений.

Адаптация в современных САПР
осуществляется реализацией двух основных
принципов:

- 1. модульного принципа построения структуры ПО;*
- 2. отделения данных от программ и создания самостоятельно функционирующей базы данных, связанной стандартным программным интерфейсом с программными модулями.*

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К САПР И СРЕДСТВА ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

5. Связь САПР с производством.

При автоматизированном производстве обязательной для САПР является поставка управляющих программ для станочного парка с ЧПУ и автоматов контроля.

УРОВНИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ В САПР

1. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.

Под автоматическим проектированием понимается такой уровень выполнения процесса (операции), при котором поиск (выбор) и принятие технических решений осуществляются программными процедурами на основе исходных требований, сформулированных проектировщиком.

В этом случае программно (автоматически) решается задача синтеза технических решений.

УРОВНИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ В САПР

2. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.

Под автоматизированным проектированием (АП) понимается такой уровень выполнения процесса (операции), при котором поиск (выбор) решений осуществляет человек, оценка решений производится программно.

К выпуску конструкторской документации термин «проектирование» неприемлем.

Наиболее подходящим для определения этого уровня выполнения работ является понятие *автоматическое* (автоматизированное) формирование и выпуск документации» или более короткое - «автоматическое (автоматизированное) документирование».

Под документированием понимается формирование и выпуск документации.

**ТИПОВАЯ СТРУКТУРА
ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОГО
И ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР**

СРЕДСТВА ЛИНГВИСТИКИ

Средства лингвистики САПР определяют типовой состав языков, необходимых для ее функционирования и взаимодействия с пользователем.

Лингвистическое обеспечение включает три группы языков эксплуатации САПР:

1. Языки пользователя, предназначенные для его взаимодействия с системой и служащие для описания объекта проектирования, базовых элементов и управляющих директив.

Описание объекта проектирования выполняется на уровне базовых элементов и численных значений параметров этих элементов.

Базовые элементы в зависимости от целевого назначения САПР описывают конструкцию элемента, алгоритм его функционирования, операции технологического процесса обработки элемента, формы документации, выпускаемой САПР, и т. д.

2. Языки внутреннего представления данных (ЯВПД), предназначенные для описания информационной модели объекта в оперативной базе данных (рабочий массив на схеме).

Языки ВПД задают форматы внутреннего представления данных и обеспечивают оперативное информационное взаимодействие между проектными процедурами, инициируемое, как правило, программными модулями.

3. Язык машинного архива, предназначенный для хранения графической и текстовой информации по спроектированному объекту (язык графической и текстовой информации — ЯГТИ).

ЯГТИ обеспечивает единую форму представления документации в архиве, необходимую для выпуска ее на различных технических средствах.

В развитых системах создаются также специальные инструментальные языки, служащие задачам формирования прикладного программного обеспечения. Инструментальные языки ориентированы на предметные области и являются обычно макрорасширениями стандартных алгоритмических языков.

СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Типовыми структурными единицами информационного обеспечения САПР являются три группы хранилищ информации, образующие базу данных САПР.

Каждое хранилище имеет свои программные средства управления и языки представления данных.

Первым постоянным хранилищем данных, составляющим основу базы данных САПР, является библиотека базовых элементов (БЭ) различного уровня, в которую входят:

- описания моделей элементов различного целевого назначения и уровней интеграции;
- описания форматов документов;
- описания технологических данных;
- различная нормативно-справочная информация.

Вторым хранилищем данных является временное (в пределах времени проектирования объекта) хранилище - рабочий массив, предназначенный для хранения описаний структуры (элементов и связей) объекта проектирования на различных этапах его создания.

Форма и состав описания соответствуют условиям работы с модулями проектирования.

По своему содержанию рабочий массив является информационной моделью объекта.

Информационная модель (ИМ) объекта проектирования является ядром процесса автоматизированного проектирования конкретного объекта.

Третьим является временное (или долговременное, на время разработки проекта) хранилище документации по объекту проектирования. Поскольку в САПР могут идти одновременно работы по нескольким объектам (САПР может являться аппаратом коллективного пользования), хранилище должно сохранять документацию до момента выпуска ее в соответствующей форме.

Дальнейшим развитием этого хранилища данных по спроектированному объекту является автоматизированная архивная служба, выполняющая все функции, свойственные архиву технической документации. К таким функциям относятся введение изменений, формирование сводных документов, учет рассылок и т. д.

Поскольку архивная служба требует комплексного ведения объекта, в ней должна сосредоточиваться вся документация по нему, в том числе и изготовленная «вручную» традиционными методами. Поэтому такой архив должен иметь средства информационного взаимодействия как с САПР, так и с конструкторскими подразделениями.

По содержанию ИМ представляет собой структуру объекта, описанную в словаре библиотеки базовых элементов и необходимую для формирования математических моделей, используемых в различных проектных модулях САПР.

Информационная модель создается в результате трансляции исходного описания объекта.

В процессе выполнения проектных операций ИМ служит средством информационного взаимодействия между отдельными модулями САПР.

При выполнении проектных операций ИМ непрерывно обновляется и модифицируется. Подобная актуализация ИМ осуществляется в процессе всего цикла АП. На завершающем этапе ИМ представляет собой законченное описание объекта проектирования в форматах языка внутреннего представления и служит для формирования документации по нему.

По структуре ИМ является семантической конструкцией с формально регламентированными разделами записей, частично пустыми и подлежащими заполнению в процессе структурного и параметрического синтеза объекта проектирования.

СРЕДСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программный комплекс типовой САПР включает следующие программные компоненты:

1. Трансляция исходного задания.
2. Формирование структуры информационной модели.
3. Управление базой данных САПР (СУБД САПР).
4. Управление вычислительным процессом-«Монитор САПР».
5. Интерфейс базы данных.
6. Модули проектирования.
7. Формирование документации.
8. Ведение архива САПР.
9. Постпроцессоры выпуска документации.

Программы трансляции осуществляют грамматический разбор и интерпретацию задания на выполнение проектных работ в САПР, включающего описание объекта проектирования, описание базовых элементов и директивы управления. По результатам трансляции формируются диагностические данные для пользователя о составе ошибок.

Программы формирования структуры ИМ развертывают оттранслированное описание объекта с использованием библиотеки базовых элементов в полный набор данных - рабочий массив (РМ).

Программы управления базой данных САПР осуществляют наполнение и ведение библиотек базовых элементов в режимах интерактивного взаимодействия с пользователем САПР, обеспечивают оперативный автоматический обмен данными библиотеки БЭ с РМ по запросам программы формирования ИМ.

Программа «Монитор САПР» обеспечивает управление последовательностью выполнения проектных работ в соответствии с управляющими директивами.

При наличии специализированного монитора последний «по умолчанию» может выполнять стандартный набор операций, определенный маршрутной картой.

В более сложных вариантах централизованного управления принятие решения о переходе на ту или иную вычислительную процедуру или завершении работ осуществляется на основе анализа текущих значений критериальных показателей объекта проектирования, определяемых математическим моделированием.

Программы интерфейса базы данных обеспечивают перевод семантически согласованного текста ИМ, представленного в РМ на языке ВПД, в форму, необходимую для программ, выполняющих проектные процедуры, и обратное преобразование результатов проектирования в форматы языка ВПД рабочего массива.

Для управления этим процессом могут существовать специальные средства, описывающие форматы данных, принятые в том или ином модуле.

Обмен может быть стандартизован, тогда в функции программного интерфейса входит выделение из текстов необходимых фрагментов и их сортировка.

Программные модули проектирования являются прикладным программным обеспечением, определяющим проблемную ориентацию конкретной САПР.

Каждый модуль является системным компонентом программного обеспечения САПР и выполняет определенную законченную проектную процедуру или группу процедур. Основу процедур составляют процедуры моделирования и синтеза проектных решений.

Модули информационно взаимодействуют с системой через рабочий массив с использованием средств программного интерфейса.

Программы формирования документации (ПФД) обеспечивают преобразование, размещение, перекодировку алфавитно-цифровых текстов, перевод топологической и символьной информации в геометрическую форму с соблюдением нормативных требований, принятых для конструкторской документации.

Исходными данными для программы является ИМ.

Выходные данные ПФД (графические и текстовые документы) хранятся в форматах единого ЯГТИ, принятого для данной САПР.

Программы ведения архива документации по спроектированному объекту обеспечивают хранение, поиск и выдачу документации, сформированной в САПР по группе объектов, находящихся в процессе проектирования.

По завершении выпуска документации по объекту в текстовой (табличной) или графической форме данные по объекту из архива исключаются.

В подобном виде архив является временным хранилищем документации по проектируемым объектам.

В более сложных случаях программы архива обеспечивают комплексное ведение документации по объекту. Подобное ведение требует программных средств внесения изменений, выпуска сводных документов, контроля документов, выпущенных вручную.

Постпроцессоры выпуска документации предназначены для преобразования графических и символьных текстов из стандартной архивной формы, принятой в САПР, в форму, необходимую для исполнения на конкретном устройстве.

Постпроцессоры делятся на три основных класса:

- постпроцессоры выпуска текстовой документации на устройствах печати;
- постпроцессоры формирования графической документации на графопостроителях;
- постпроцессоры формирования технологической документации для автоматизированного производства (напр. управляющих программ для станков с ЧПУ).

ТИПОВЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В САПР

Вычислительные процессы САПР определяются последовательностью выполнения операций программными блоками (ранжировкой во времени) и информационным обменом между хранилищами данных, пользователем и программными блоками.

Управление процессом обеспечивается последовательностью директив пользователя и монитором системы, интерпретирующим эти директивы.

Средствами информационного взаимодействия являются языки единой базы данных и программные средства интерфейса.

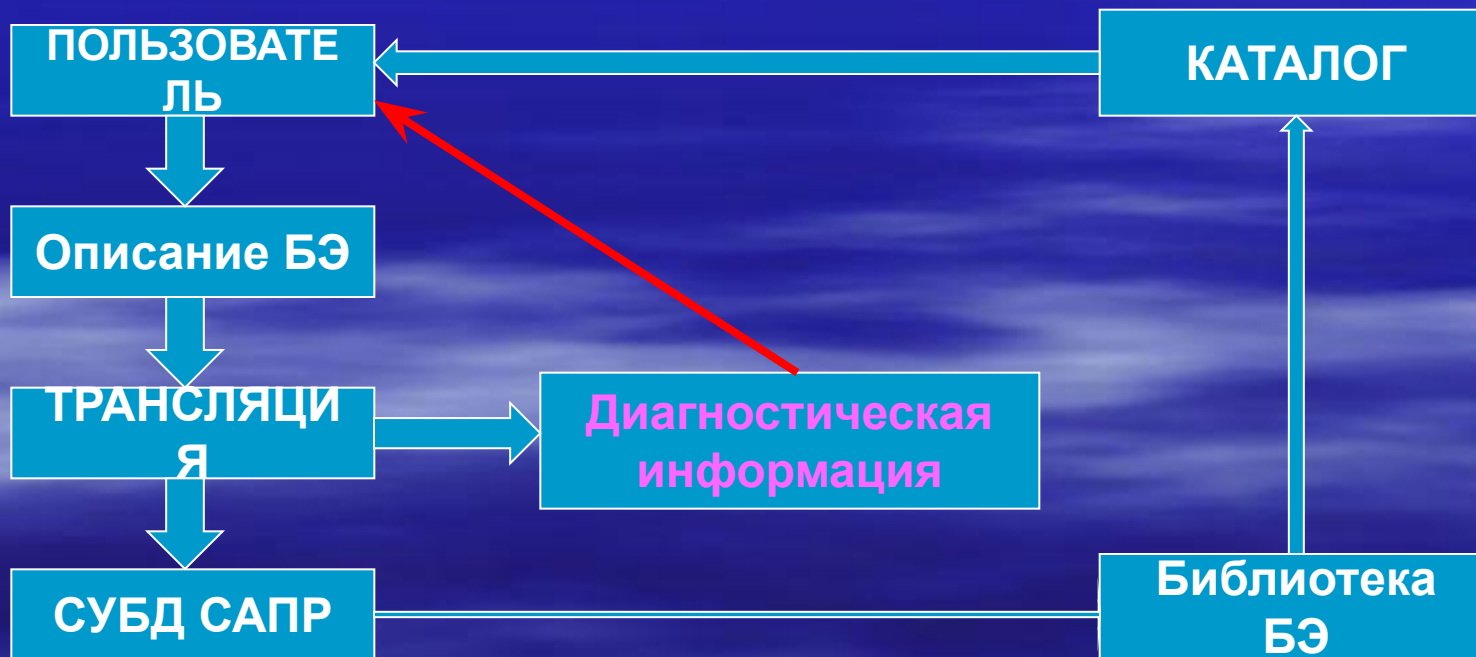
Центральным звеном оперативного информационного взаимодействия служит рабочий массив объекта проектирования.

Для рассматриваемой структуры характерны два основных типа вычислительного процесса.

Первый (подготовительный) связан с формированием (заполнением) баз данных, В этом режиме пользователь описывает модели базовых элементов (БЭ), форматы документов, технологические данные и записывает их в базу данных.

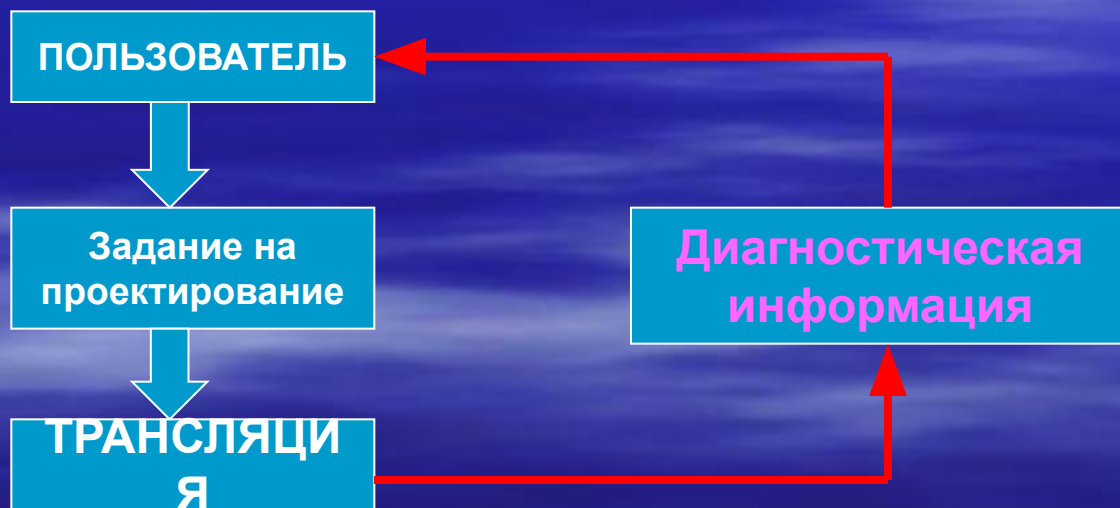
Взаимодействие осуществляется по цепочке:

«пользователь - транслятор - СУБД - база данных»



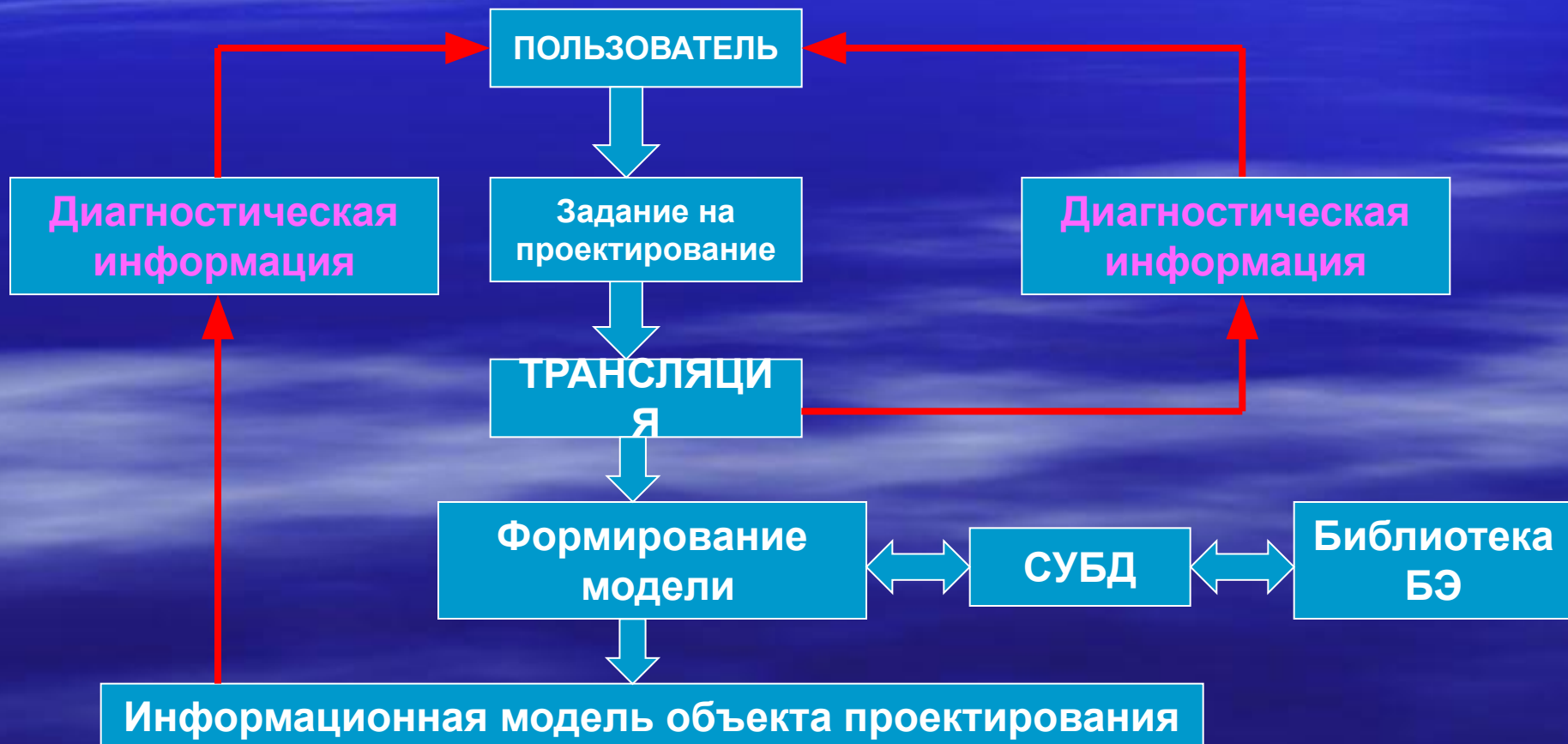
Второй (основной) процесс связан с выполнением проектных работ и, как правило, включает ряд этапов вычислительного процесса, каждый из которых представляет собой циклические процедуры проектирования (циклы проектирования).

Первый этап - формальная отладка задания на проектирование - представляет собой циклическую процедуру в цепочке «пользователь – прогр. трансляции - диагностич. информация»



Содержанием задания является описание объекта проектирования на формальных языках, ориентированных на данный класс объектов. Содержанием цикла - формальная отладка задания, т. е. проверка, диагностирование и исправление ошибок описания.

Второй этап - формирование структуры информационной модели.



Число циклов проектирования зависит от уровня автоматизации проектных работ. При автоматизированных методах с использованием математической модели для анализа решений число этих циклов может быть самым различным и существенно зависит от уровня компетенции пользователя.

Третий этап - формирование документации.

Источником информации для формирования документации является ИМ. Обычно формирование документации это не циклическая процедура. Документация размещается в архиве и описывается на стандартном языке архива (ЯГТИ).

Четвертый этап - выпуск (изготовление) технической документации.

Обычно осуществляется по требованию проектировщика (конструктора) объекта и во времени не обязательно совпадает с этапом формирования документации. Источником информации для этого этапа являются данные архива. Выходные данные - документация - выдаются в виде твердых копий (чертежи, тексты) либо на машинных носителях.

Выпуск документации осуществляется по директивам пользователя.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР

- по функциональному назначению;
- по месту программных средств в организационной структуре (по организационному признаку).

По функциональному назначению :

- программы управления вычислительным процессом;
- прикладное программное обеспечение.

По организационному признаку :

- базовое программное обеспечение;
- системные модули.

Программы управления вычислительным процессом обеспечивают организацию данных, информационный обмен и формируют вычислительный процесс.

Программы управления в современных САПР могут формироваться на основе средств универсальных СУБД, обеспечивающих необходимые формы интерфейса, ведение баз данных и структурирование объекта проектирования.

Прикладные программы обеспечивают выполнение проект-ных задач конкретной САПР, формируют и выпускают документацию по объекту проектирования.

К прикладным могут быть отнесены также программы постпроцессирования.

Базовое программное обеспечение (БПО) - ядро программ-ного комплекса САПР.

Системные модули - функционально законченные програм-мные комплексы, выполненные с соблюдением системных соглашений по интерфейсу с информационной моделью и управлению.

Выполнение системных соглашений обеспечивает возмож-ность подключения системного модуля к БПО для создания прог-раммного комплекса, ориентированного на определенный круг проектных задач.

ПРОЕКТНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ САПР

Проектные процедуры САПР являются основой прикладного ПО.

Их состав и содержание определяют проблемный облик и уровень «интеллекта» САПР.

Проектная процедура или группа проектных процедур, выполняющих определенную задачу АП, оформляется в виде системного программного модуля.

Проектные процедуры САПР можно разбить на два основных класса:

- процедуры математического моделирования;
- процедуры синтеза проектных решений.

Процедуры математического моделирования.

В САПР модель является аппаратом анализа.

На модели осуществляется проверка правильности решений, принимаемых человеком или специальной программой поиска.

Для этих целей модель должна обеспечить связь между проектными решениями и критериальными показателями качества принимаемых решений.

На таких моделях можно производить поисковые эксперименты, заменяя натурное макетирование или испытание с той или иной степенью адекватности модели и объекта.

В процессе формирования математической модели участвуют программы трансляции (разбора) формализованного задания, формирования структуры объекта (информационной модели) и модули проектирования.

Модуль проектирования выполняет процедуру формирования математической модели на основе описания структуры объекта, содержащегося в ИМ.

Для этих целей процедура осуществляет алгоритмизацию и программирование и формирует конкретное программное описание математической модели объекта, соответствующее поставленной проектной задаче.

Программы САПР функционируют в конкретной среде штатной операционной системы ЭВМ и задачей ПО является доведение модели от исходного описания до программных текстов базового алгоритмического языка операционной системы.

Дальнейшие функции загрузки текста в память ЭВМ берет на себя штатная операционная система.

Определение математической модели как аппарата анализа, отражающего те или иные стороны объекта проектирования, является исчерпывающим для большинства проектных задач в САПР вне зависимости от предметных областей применения.

Процедуры синтеза проектных решений.

Процедуры синтеза (активные программные средства) – аппарат поиска технических решений, использующий при математическую модель для анализа принимаемых решений.

Процедуры синтеза проектных решений можно разбить на ряд подклассов:

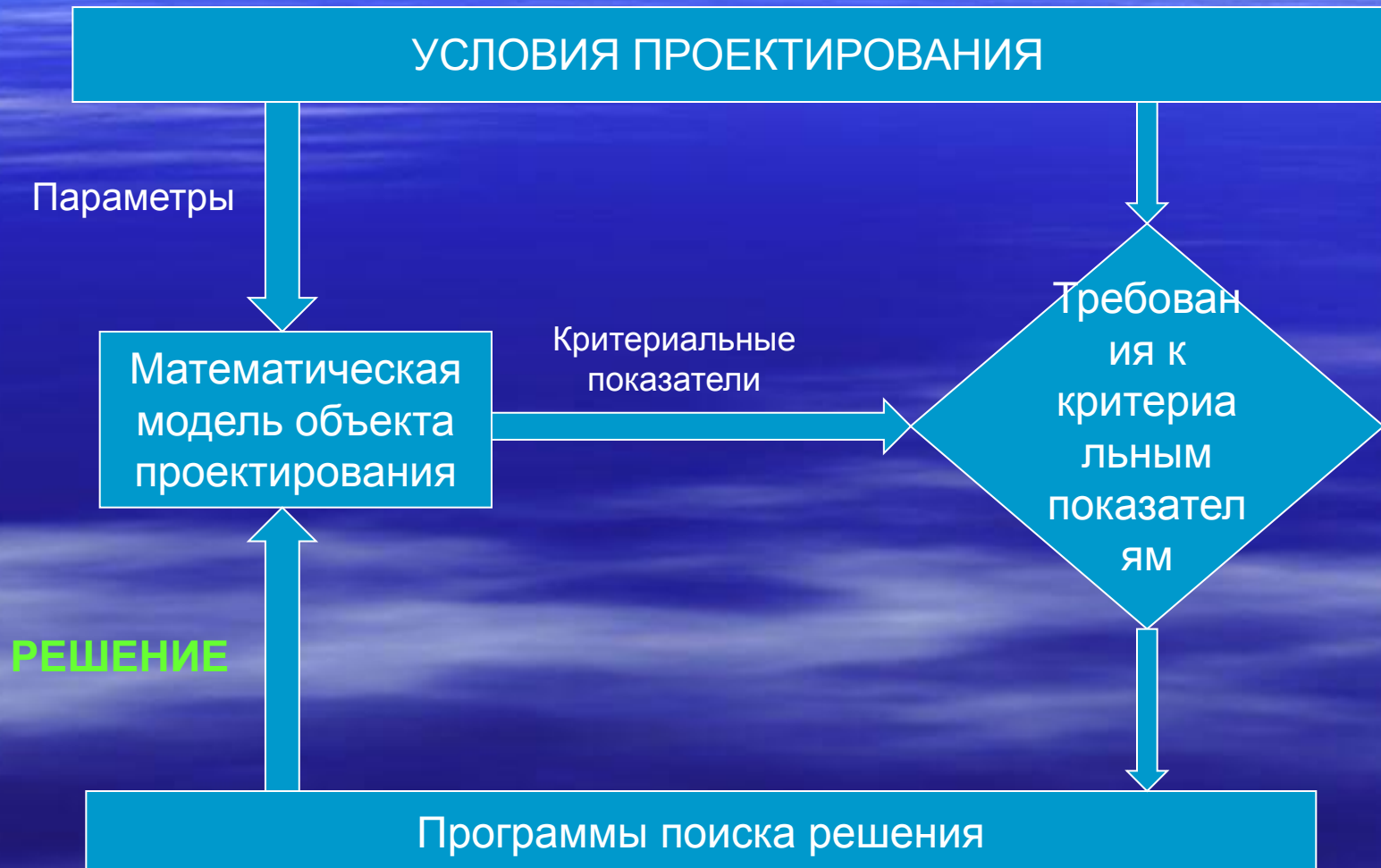
- автоматического поиска решений;*
- расчета технических параметров.*

Программы поиска решений основаны на организации итерационных циклов на математических моделях.

Они осуществляют модификацию моделей и проводят оценки критериальных показателей на их соответствие требуемым.

Процесс поиска останавливается по достижении критериальных показателей определенного уровня.

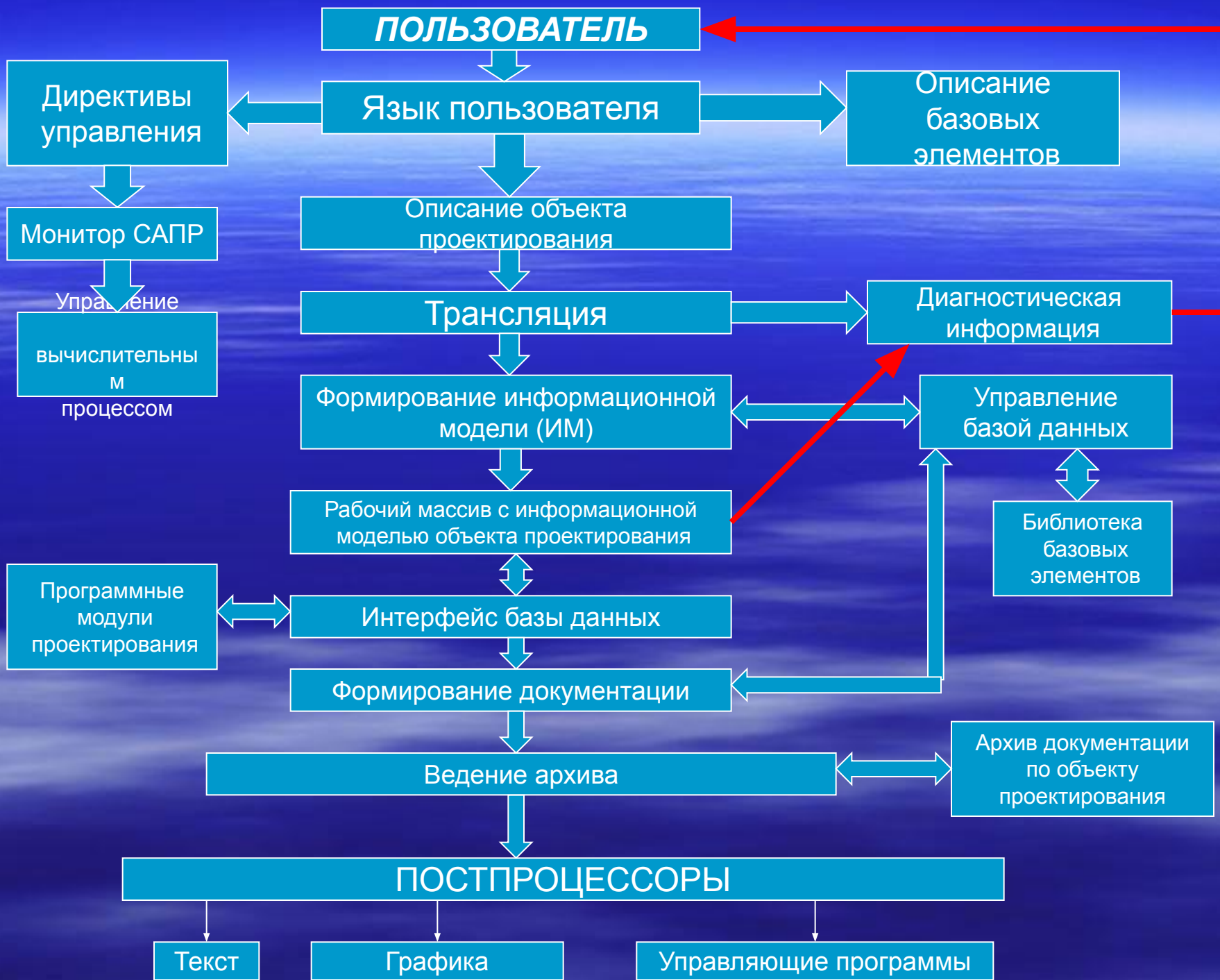
Математическая модель с программой поиска образует циклическую (итерационную) процедуру поиска технических решений, удовлетворяющих условиям проектирования, которые задаются совокупностью параметров и требований к объекту.



Программы расчета технических параметров основаны на расчетных методах, реализуют вычислительный алгоритм, который по входным параметрам и требованиям к объекту проектирования выдает числовые значения искомых параметров. Обычно такой алгоритм отражает решение системы уравнений или явную аналитическую (или эмпирическую) зависимость, обеспечивающую расчет искомых параметров при заданных входных условиях.



Примером расчетных методов являются всевозможные программные реализации формул для определения геометрических параметров балок и силовых конструкций по заданным нагрузкам, вычисления параметров кинематических звеньев с учетом требований по усилиям и габаритным ограничениям и т.д..



ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ САПР

Базовое программное обеспечение составляет ядро, обязательную часть проблемно-ориентированной САПР.

Базовое программное обеспечение в совокупности со стандартными базами данных (библиотеки, архивы, рабочие массивы) и лингвистическим обеспечением образует базовое информационно-программное обеспечение САПР (БИПО САПР).

В БПО входят программы:

- трансляции и программного интерфейса базы данных,
- управления базой данных,
- управления вычислительным процессом (монитор),
- формирования структуры информационной модели,
- формирования и выпуска документации,
- ведения архива.

Минимальный состав программно-информационных средств, реализующий вычислительный процесс проектирования (проектную задачу), составляет программно-методический комплекс (ПМК) САПР.

Группа информационно-согласованных ПМК, в которой каждый комплекс выполняет определенную проектную задачу над общим объектом проектирования, составляет основу интегрированной САПР.

Наличие автоматического информационного обмена между отдельными ПМК интегрированной САПР позволяет осуществлять сквозные вычислительные процессы.

Каждый ПМК интегрированной САПР может иметь свое базовое информационное программное обеспечение, интеграция в этом случае обеспечивается их информационным согласованием.

Обязательным является согласование на семантическом (содержательном) уровне.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В САПР

Технологический процесс проектирования представляет собой ранжированную совокупность операций подготовки данных, выполнения проектных задач, формирования и выдачи диагностической информации и технической документации, анализа и принятия решений по получаемым результатам.

***Автоматизированное проектирование является
человеко-машинным процессом.***

***Операцией технологического процесса проектирования
является законченный цикл необходимый для анализа и
принятия решения.***

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕКТАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В САПР

1. *моделепригодность;*
2. *возможность реализации операций синтеза для
данного объекта;*
3. *контролепригодность.*

ОБЩАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование связано с выполнением
двух основных работ:

- *выбор технических решений;*
- *отображение этих решений в виде совокупности документов для изготовления объекта в производстве.*

При неавтоматизированном проектировании эти работы имеют естественную связь, т. е. в процессе выполнения чертежа, осмысливается творческая часть работы и осуществляется одновременно ее оформление.

Спроектировать объект — значит сформировать его структуру и выбрать значения метрических параметров, подлежащих вариации.

Процесс автоматизированного проектирования (АП) можно представить в виде обобщенной схемы.

Процесс проектирования включает две основные процедуры:

- выбор (синтез) структуры;**
- выбор (синтез) параметров объекта проектирования.**

Подобное определение справедливо для автоматизированных и традиционных ручных методов проектирования.

Обобщенная схема процесса автоматизированного проектирования



Формирование структуры при АП осуществляется в базисе проектирования, представляющем собой библиотеку описаний моделей элементов (базовых элементов) будущей структуры, допустимых к использованию.

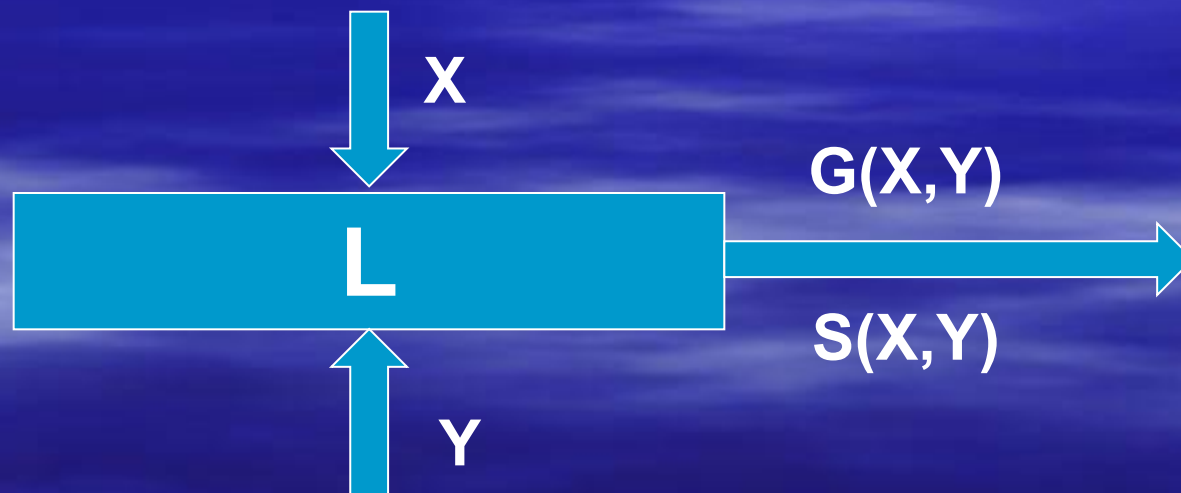
Описание структуры выполняется на формальном языке, словарем которого являются имена базовых элементов и представляется информационной моделью (ИМ) объекта проектирования.

Центральным элементом структуры процесса АП является математическая модель объекта проектирования, которая служит средством анализа принимаемых решений.

Средства математического моделирования переводят ИМ объекта в ее программное представление на инструментальной ЭВМ и являются обязательными для САПР любых уровней.

ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- Под математическим оператором L проектируемого объекта понимается полная система математических операций, описывающая численные или логические соотношения между множеством входных сигналов X и Y и множеством выходных сигналов $G(X, Y)$, которая представляет собой совокупность критериальных функций, включающую целевую функцию $S(X, Y)$.



Модель является математическим аналогом проектируемого объекта.

Степень адекватности ее объекту определяется постановкой и корректностью решений задачи проектирования.

Подобные модели принадлежат к типу имитационных и решают задачу анализа, т. е. позволяют получать требуемые показатели при заданном наборе входных параметров, оставляя задачу синтеза (выбора) варьируемых параметров либо за проектировщиком, либо за специальными процедурами автоматического поиска (синтеза) решений.

Множество варьируемых параметров $\mathbf{X}$ образует пространство варьируемых параметров $\mathbf{R}_x$ (пространство поиска), которое является метрическим с размерностью n , равной числу варьируемых параметров.

Множество независимых сигналов $\mathbf{Y}$ образует метрическое пространство независимых входных сигналов $\mathbf{R}_y$.

ПРОСТРАНСТВО НЕЗАВИСИМЫХ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ

Множество независимых входных сигналов Y определяет среду функционирования объекта, т. е. внешние условия, в которых должен проектироваться объект.

Формально среда описывается совокупностью метрических параметров (сигналов Y) различной физической природы:

- техническими параметрами объекта, не подлежащими, по замыслу, изменению (вариации) в процессе проектирования;
- физическими возмущениями среды, с которой взаимодействует объект проектирования;
- тактическими параметрами, такими как диапазоны высот, углов, скоростей и т. д., в которых должен функционировать объект.

Применительно к этапу проектных работ среда может быть названа средой проектирования.

Совокупность входных независимых сигналов может быть задана набором констант или системой величин, каждая из которых имеет диапазон значений.

Классификация математических моделей

По принадлежности к иерархическому уровню:

- **системная**
(системы массового обслуживания и сети Петри) ;
- **функционально-логическая;**
(на основе аппарата передаточных функций)
- **сосредоточенная (макроуровень);**
(системы алгебро-дифференциальных уравнений)
- **распределенная (микроуровень).**
(дифференциальные уравнения в частных производных)

По характеру используемого для описания
математического аппарата:

- лингвистическая;
- теоретико-множественная;
- абстрактно-алгебраическая;
- нечеткая;
- автоматная;
- статическая;
- динамическая;
- детерминированная;
- стохастическая;
- аналоговая;
- дискретная;
- символическая;
- численная.

Статические модели описывают статические состояния, в них не присутствует время в качестве независимой переменной.

Динамические модели отражают поведение системы, т.е. в них обязательно используется время.

Стохастические и *детерминированные* модели различаются в зависимости от учета или неучета случайных факторов.

В *аналоговых* моделях фазовые переменные - непрерывные величины.

В *дискретных* - дискретные, в частном случае дискретные модели являются *логическими (булевыми)*, в них состояние системы и ее элементов описывается булевыми величинами.

В имитационных моделях фигурируют фазовые переменные.

Так, на макроуровне имитационные модели представляют собой системы алгебро-дифференциальных уравнений

$$\Phi(d\mathbf{V}/dt, \mathbf{V}, t) = 0, \quad \text{при } t = 0 \quad \mathbf{V} = \mathbf{V}_0,$$

где $\mathbf{V}$ — вектор фазовых переменных; t — время; $\mathbf{V}_0$ — вектор начальных условий.

К примерам фазовых переменных можно отнести:

- токи и напряжения в электрических системах;
- силы и скорости — в механических;
- давления и расходы — в гидравлических.

Разновидности САПР.

По приложениям

1. САПР для применения в отраслях общего машиностроения.

MCAD (Mechanical CAD) системами.

2. САПР для радиоэлектроники.

ECAD (Electronic CAD)

или EDA (Electronic Design Automation) системы.

3. САПР в области архитектуры и строительства.

Разновидности САПР.

По целевому назначению

1. САПР функционального проектирования.
CAE (Computer Aided Engineering) системы.
2. *Конструкторские* САПР общего машиностроения
CAD системамы;
3. *Технологические* САПР общего машиностроения
CAM (Computer Aided Manufacturing).

CALS-технологии

CALS -Computer Aided Logistic Systems

CALS-технология —технология комплексной компьютеризации сфер промышленного производства.

Цель - унификация и стандартизация «спецификаций» промышленной продукции на всех этапах ее жизненного цикла.

Одна из наиболее известных реализаций CALS-технологии разработана фирмой Computervision.

Это технология названа EPD (Electronic Product Definition) и ориентирована на поддержку процессов проектирования и эксплуатации изделий машиностроения.

В CALS-системах на всех этапах жизненного цикла изделий используется документация, полученная на этапе проектирования.

Состав подсистем в CALS и комплексных САПР в значительной мере совпадают.

Технологию EPD реализуют:

- CAD — система автоматизированного проектирования;
- CAM — автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП);
- CAE — система моделирования и расчетов;
- CAPE (Concurrent Artto Product Environoment) — система поддержки параллельного проектирования (concurrent engineering);
- PDM — система управления проектными данными, представляющая собой специализированную СУБД (DBMS - Data Base Management System);
- 3D Viewer -система трехмерной визуализации;
- CADD — система документирования;
- CASE — система разработки и сопровождения программного обеспечения.